

BYGGEMATERIALER.

METALLER, TRÆ, NATURSTEN, LERVARER,
MØRTLER, BETON, KUNSTSTEN, GLAS

FREMSTILLING,
EGENSKABER, ANVENDELSE, PRØVNING

AF

E. SUE'NSON

INGENIØR

PROFESSOR VED DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT

**3^{DE} BIND:
NATURSTEN**

TREDIE UDGAVE

KØBENHAVN
JUL. GJELLERUPS FORLAG
I KOMMISSION
1942

COPYRIGHT 1942
BY
E.SUENSON, COPENHAGEN

J. JØRGENSEN & CO.
KØBENHAVN

DET foreliggende 3die Bind af Byggematerialer spænder over et noget videre Omraade, end Titelen lader formode, idet en Del Emner, der har Tilknytning ikke blot til Natursten, men ogsaa til Tegl, Beton og andre stenagtige Byggematerialer, behandles her.

Blandt disse Emner er eet af de mest omfattende Vejrfastheden og alt, hvad dermed staar i Forbindelse: Frostfasthed og Fryseprøver, Vandoptagelse og Midlerne derimod, Vandafgivelse, Vandbevægelser i Murværk og de deraf følgende Saltbevægelser, skadelige Stoffer i Luft og Nedbør, Valg af Mørtel m. m. Endvidere omtales i dette Bind Emner som Porøsitet og Luftgennemtrængelighed, Vægtfylde og Rumvægt, Slidfasthed, sprøde Stoffers Forhold Under Trykpaavirkning, Facaders Rensning og Imprægnering m. m.

Maaske vil det undre, at Naturstenene ikke har mistet deres Betydning som Byggemateriale i højere Grad, end at der er Grund til at skrive en Bog paa 300 Sider om dem, selv om det delvis skyldes Vedtagelse af de nævnte Emner, men Naturstenene har faaet en Renaissance som Beklædningsmateriale for Beton og som Bestanddele af Beton, og paa disse Omraader har der været meget nyt at tilføje i den nye Udgave.

Navnlig Afsnittet om Sand, Grus og Sten er blevet forøget stærkt i Overensstemmelse med den stærke Udvikling, der har været indenfor den eksperimentelle og teoretiske Undersøgelse af Kornstørrelsesforholdene og disses Betydning. Ved de fleste Anvendelser af Kornhobe spiller Kornenes Vægtfylde samt Kornhobenes Vandindhold og Lejringsstæthed en Rolle, og der gøres Brug af Sigte- eller Slæmmeanalyser, Kornkurver og Grovhedstal; derfor har jeg valgt at samle disse Emner — som jeg ikke tidligere har behandlet i Materiallæren eller kun i Tilslutning til Beton — under Natursten.

Nogle af de Krav, der bør stilles til Sand, Grus og Sten ved forskellige Anvendelser, er drøftet, og sluttelig er der givet Oplysninger om de almindeligste Handelsvarer, og en Del af disses Kornkurver er optegnet.

En stor Del af Bogen — større end for mine tidligere Bøgers Vedkommende — er trykt med smaa Typer, dels for at spare Plads, dels for at vise Læseren, hvad han kan springe over, hvis han ønsker en hurtig Orientering. Jeg haaber, at det derved er lykkedes at faa udskudt saadanne Detailler og Oplysninger, som man kun har Brug for ved Løsning af specielle Opgaver, men jeg maa indrømme, at det er gaaet mig med denne Bog som med tidligere, at jeg ved Afleveringen af Manuskriptet til Bogtrykkeren har haft mest Lyst til at skrive hele Bogen om; denne Indstilling er vist en uundgaelig Følge af, at Emnet er i saa hurtig Vækst, at man først ved Afslutningen af Arbejdet med den Bog som

den foreliggende ved - eller mener at vide - hvilken Fremstillingsform, der havde været den bedste.

Figurerne er ikke nummereret fortløbende, men har samme Nummer som den Paragraf, til hvilken de hører. Denne Reform gør det muligt for Forfatteren at ind- eller udskyde Figurer, indtil den paagældende Paragraf gaar i Trykken, uden at disse Ændringer bringer Forstyrrelse i Nummerrækken, og for Læseren er det en Fordel, at Figurens Nummer ogsaa angiver Figurens Plads.

I Sagregistret vil alle Ord, der har Tilknytning til Grus, Sand og Rundsten, være at søge under Grus; tilsvarende Ordgrupper findes under Skærver m. m.

Bindet var planlagt udgivet i 1934 - siden da har den gamle Udgave været udsolgt - **men** det daglige Undervisningsarbejde har lagt saa stærkt Beslag paa mig, at jeg først nu har kunnet faa Bogen færdig, saaledes at Materiallæren nu atter foreligger komplet.

København i August 1942.

E. SUENSON.

INDHOLD.

I. NATURSTENS TILBLIVELSE OG BESTANDDELE.

	Side		Side
Stenenes Tilblivelse.....	1	Bestemmelse af Stenarten	3
Stenenes Struktur.....	3	De vigtigste Mineraler	5

II. NATURSTENS EGENSKABER OG PRØVNING.

A. Brugsomraade	11	Lejestens Styrke.....	60
B. Vægt	11	Tilladelige Spændinger	61
C. Porøsitet		Træk-, Bøjnings- og Forskydningsstyrke	62
Tæthed og Porøsitet	13	Slagstyrke	64
Porøsitetsbestemmelse	14	K. Vejrfasthed	
D. Luftgennemtrængelighed	16	Oversigt	64
E. Vandoptagelse og Vandafgivelse		Fysisk Forvitring	
Vandbevægelser i Porerne		Frostfasthed	
Haarrørskraft og Stighøjde	18	Frostens Virkemaade	65
Vandbevægelsens Hastighed i Haarrør	21	Stenstrukturens Indflydelse	67
Saltudskillelser	25	Bygværkets og Byggemaadens Indflydelse	67
Vandbevægelser fremkaldt af Fordampning		Frostfasthedsprøver	69
og Temperaturforskelle	27	Andre fysiske Forvittringsaarsager	71
Vandoptagelse og Vandafgivelse	28	Kemisk Forvitring	
Midler mod Vandoptagelse	30	Opløsningsprocesser	
F. Forhold overfor Varme og Elektricitet		Syrefasthed	74
Ledningsevne m. m.	34	Nedbørens Opløsningsevne	75
Varmeudvidelse	36	Krystallisationsprocesser	
Høje Temperaturers Virkning	37	Oversigt	79
G. Haardhed og Bearbejdelighed	39	Stenkorns Vækst ved kemisk Omdannelse	80
H. Slidgenskaber		Krystallers Vækst ved Vandoptagelse	81
Slidvirkninger	40	Udskillelse af overmattede Opløsninger..	82
Slidprøver		Krystallisationsprøver	86
Oversigt	41	Skorpedannelse	
Slibeskiver	42	Skorpernes Art	86
Sandblæstforsøg	44	Skorpernes Dannelse og Sprængning...	87
Andre Slidprøver	46	Granitskorper	90
Bløde Stoffers Prøvning	46	Midler mod Skorpedannelse	91
I. Styrke og Elasticitet		Misfarvning	92
Forhold, der paavirker Styrken	47	Angreb af Organismer	95
Trykelasticitet	49	Prøvning af Vejrfastheden	96
Trykstyrke		Midler mod Forvitring	
Styrketal	51	Oversigt	97
Forsøgstekniske Forhold	52	Valg af Mørtel	
Trykforsøgs Udførelse.....	56	Mørtel til Muring og Fugning	98
Styrke overfor lokalt Tryk		Indstøbningsmørtler og Stenkit	101
Begge Trykflader lokalt belastede	57	Udbedring af forvitrede Facader	102
Den ene Trykflade lokalt belastet	59	Paastrygningsmidler	103

III. DE VIGTIGSTE STENARTER.

A. Eruptivbjærgarter		Gneis, Porfyr, Syenit m. fl.	111
Granit		Sortagtige Eruptiver	
Egenskaber og Anvendelse	106	Basalt	113
Dansk Granit	108	Andre Dagbjærgarter	114
Svensk »	110	Dybbjærgarter	114
Anden »	111	Lava, Pimpsten, Tuf	115

	Side		Side
B. Sedimentbjærgarter og omkrystalliserede Sten	116	Bløde, porøse Kalksten	129
Sandsten		Haarde, hullede Kalksten	131
Egenskaber og Anvendelse	117	Haarde, tætte Kalksten	132
Røde Sten	118	Marmor	
Hvide, gule, graa Sten	119	Dannelse og Egenskaber	133
Sandstensagtige Sten	120	Marmorarter	135
Skifer	120	Kunstmarmor	139
Lerskifer		Magniumrige Sten	
Oversigt	121	Talk, Talkskifer, Serpentin	140
Tagskifer	122	Asbest	
Plade-, Tavle- og Griffelskifer	125	Egenskaber og Arter	141
Krystallinske Skifre	126	Uforarbejdet Asbest	142
Kalksten og Marmor		Asbestholdige Varer	142
Oversigt	126	Diatomejord	
Danske Kalksten	128	Egenskaber og Brugsmåde	145
		Forekomster	146

IV. STENENES BRYDNING OG TILDANNELSE.

A. Stenenes Brydning		Fræsning, Høvling, Drejning	155
Brydningsmåder	148	Slibning, Polering	156
Stenbor	148	Manuel Tildannelse	
Brydning af uregelmæssige Blokke	149	Udkløvning og Tilretning	157
Brydning af Bygningssten	150	Granits Tilhugning	159
B. Bygningsstens Tildannelse		Kalk- og Sandstens Tilhugning	161
Maskinel Tildannelse		Valg af Tildannelsesmåde	161
Savning	152		

V. BRUGSFORMER OG LEVERINGSBETINGELSER.

A. Bygningssten		B. Slidsten	
Stenformer		Trappesten	
Raat tildannede Sten	164	Stensort og Trinform	186
Fint tildannede Sten	165	Bloktrin	187
Formuring af Natursten	166	Pladetrin	188
Vand- og Brobygningssten	169	Gulvfliser	188
Husbygningssten		Brosten	
Skalmuringsblokke		Stenart og Tildannelse	189
Stenart og Blokform	171	Brostensformer	190
Blokkens Formuring og Forankring	172	Kunststen	190
Gesimsers Stabilitet	173	C. Skærver	
Beklædningsplader		Fremstilling og Sortering	190
Oversigt	174	Vejskærver	
Pladernes Dimensioner	176	Prøvning	
Forbandtet	176	Oversigt	195
Pladernes Bæring	177	Slidfasthed	195
Ankrene	178	Knusningsstyrke, Slagstyrke, Kitteevne	197
Plastiske Fuger	182	Arter af Vejskærver	198
Mørtelen mellem Plader og Bagvæg	182	Leveringsbetingelser	199
Pladernes Opsætning	183	Ballastskærver	199
Indervægges og Lofters Beklædning	184	Betonskærver	200
Leveringsbetingelser	186		

VI. SAND, GRUS, STEN.

A. Benævnelser, Forekomst, Sortering		Resultaternes Fremstilling	
Benævnelser og Forekomst	202	Kornkurver	216
Gravning og Sortering	204	Ligedannede Kornhobe	218
B. Egenskaber og Prøvning		Kornenes Antal og Overflade	219
Kornformens og Kornstørrelsens Betydning	206	Grovhedstal	220
Kornstørrelsens Bestemmelse	207	Kornenes sande og tilsyneladende Vægtfylde	223
Sigteprøver		Kornhobes Lejringsstæthed og Rumvægt	
Sigter og deres Justering	208	Oversigt	226
Sigteapparater og Prøveudtagning	210	Rumvægtens Bestemmelse	
Sigtingens Udførelse	211	Forhold, der paavirker Rumvægten	227
Slætning i en Vædske- eller Luftstrøm	212	Maalekar og deres Fyldning	228
Bundfældning i en stillestaaende Vædske	214	Lejringsstæthedens Bestemmelse	231

Tørre Stoffer	Side	Betonmaterialer	Side
Oversigt	232	Vand-Cement-Forholdets Betydning	252
Enskornede Stoffer	232	Kornstørrelsens Betydning	253
Uensskornede »	235	Kornkurvens Betydning	255
Fugtige Stoffer	238	Kornformens og Kornstoffets Betydning	258
Lejringsstæthed i Vand	241	Raagrus og sorteret Grus	259
Rumvægte til Brug ved Styrkeberegninger	242	Betonsand	260
Andre Egenskaber		Betongrus	262
Vandindhold	242	Sten til Beton	263
Styrke, Slidfasthed, Frostfasthed	244	Vejmaterialer	263
Skadelige Stoffer	245	Andre Anvendelser	264
Forskelligt	248	D. Handelsvarer	
C. Krav ved bestemte Anvendelser		Benævnelser og Salgsmaade	265
Leveringsbetingelser	248	Havmaterialer	
Sand til Kalkmørtel		Sten	266
Sand til Muring	249	Grus	267
Sand til Pudsning og Fugning	250	Sand	270
Sand til Cementmørtel	252	Bakkematerialer	272

Bogstavssymboler	III
Litteratur-Forkortelser og Nordisk Litteratur	IV
Rettelser til Byggematerialer II, 1922 og til Jærnbeton, 1931	V
Sagregister	275

BOGSTAVSYMBOLER.

C	Cement	a	= Porøsitet	T	Tæthedegrad (§ 26 og 347)
CM	= Cement-Mørtel	γ	= Rumvægt af et sammenhængende Stof	d	et Korns Diameter
H	= Mohs' Haardhed	γ_0	= Vægtfylde	m	Poissons Tværuddelstetal
K	Kalk	ε	Længdeændring pr. Længdeenhed	p	Mellemrumsprocent
KM	= Kalk-Mørtel	λ	Varmeledningstal	r	et Korns Rumfang
PC	Portland-Cement	ϱ	Rumvægt af en Kornhob		
S	Sand	σ	Normalspænding		
Vf.	Vægtfylde	τ	Forskydningspænding		

E_b	E_e	E_f	E_t	Elasticitetstal ved Bøjning, Tryk, Forskydning, Træk
S_b	S_e	S_f	S_t	Styrke » » » » »
s_b	s_e	s_f	s_t	till. Spænding » » » » »

P_e	P_g	P_s	P_{st}	P_v	= Vægtmængde af Cement, Grus, Sand, Sten, Vand
R_e	R_g	R_s	R_{st}	R_v	= Rumfang » » » » » incl. Mellemrum
r_e	r_g	r_s	r_{st}	r_v	= » » » » » exel. »

Spændinger er udtrykt i at (= kg/cm²) og Temperaturer i Celsiusgrader.

LITTERATUR-FORKORTELSER.

<i>Am. Concr. Inst. J.</i>	American Concrete Institute Journal
<i>A.S.T.M.</i>	American Society for Testing Materials
<i>B.u.E.</i>	Beton und Eisen
<i>Byggematerialer</i>	= E. Suenson: Byggematerialer
<i>D.A.f.E.</i>	= Deutscher Ausschuss für Eisenbeton
<i>DIN</i>	= Deutsche Normen
<i>E.M.P.A.</i>	Eidgenössische Materialprüfungsanstalt, Zürich
<i>Forschungsarbeiten</i>	Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens
<i>I.M.</i>	Internationalt Materialprøvningsforbund
<i>Ing.</i>	Ingeniøren
<i>Jærnbeton</i>	E. Suenson: Jærnbeton
<i>K.M.A.</i>	Königliche Materialprüfungs-Amt, Berlin
<i>Mitl.li.F.</i>	= Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens
<i>T.F.T.</i>	Teknisk Forenings Tidsskrift
<i>Z.d.V.D.I.</i> og <i>Z. VDI</i>	= Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure

NORDISK LITTERATUR

der ikke inde i Bogen er citeret i Tekst og Fodnoter:

Meddelelser fra Statsprøveanstalten, København.

- » » Norges tekniske Højskoles Materialprøvningsanstalt, Trondheim.
- » » Statens Provningsanstalt, Stockholm.

Danmarks, Norges og Sveriges Geologiske Undersøgelser Skrifter.

N. V. Ussing: Danmarks Geologi i almenfatteligt Omrids, København 1899.

Victor Madsen, V. Nordmann m. fl.: Oversigt over Danmarks Geologi, København 1928.

Alfred Rosenkrantz: Kortfattet Oversigt over Danmarks Geologi, København 1933.

N. V. Ussing: Oversigt over de vigtigste Mineraler, København 1891.

O. B. Bøggild: Lærebog i Krystallografi og Mineralogi, København 1926.

Andr. Bugge: Husbygningslære, Kristiania 1918.

» » : Varme og billige Boliger, Oslo 1932.

Jac. Holmgren: Nye undersøkelser i forskningshusene ved Norges tekniske højskole, Nordisk Bygningsdag, Bind I, Side 165, Oslo 1938.

H. Kreliger: Byggnadsmaterialier, Stockholm 1920.

» » : Husbyggnadsteknik, Stockholm 1931.

Fredrik Vogt: On the flow and extensibility of concrete, Trondheim 1935.

Axel G. Jørgensen: Husbygningsmaterialer, København 1938.

N. Royen: Naturstenens tekniska egenskaper och dess användning till husbyggnader, Goteborg 1942.

N. V. Ussing: Mineralproduktionen i Danmark ved Aaret 1900, København 1902.

E. M. Nørregaard: Naturlige Bygningssten, anvendt i København, København 1911.

» » » : Stenene i vore gamle Bygninger, København 1929.

» » » : Naturlige Bygningssten anvendt i Københavns nyere Bygninger, København 1933.

H. J. Hannover: Om Molersten, København 1927.

A. Ranløv og Axel Gram: Skarrehege Molerværk 1912-37, København 1937.

Karen Callisen: Beiträge zur Kenntnis des Granitgrundgebirges von Bornholm, København 1932.

Kaj Hansen: Die Gesteine des Unterkambriums von Bornholm, København 1936.

Carl C. Riiber: Norges granitindustri, Kristiania 1893.

John Oxaal: Norsk Granit, Kristiania 1916.

Amund Helland: Tagskiferne, heller og vekstene, Kristiania 1893.

J. H. L. Vogt: Norsk Marmor, Kristiania 1897.

Herman Hedstrøm: Sveriges naturliga byggnads- och ornamentstenar, Stockholm 1908.
Sten, Tidskrift för Sveriges Stenindustri.

Axel Eriksson: Murtegel och Tegelmurverk, Stockholm 1932.

» » » : Putsningsarbeten. Byggnadsindustrien Nr. 6, Stockholm 1938.

Inge Lyse: A study of the quality, the design and the economy of concrete, Lancaster, Pa. 1936.

RETTELSER TIL BYGGEMATERIALER II, 1922.

Side 24, Linie 4 fra neden: »2» rettes til »1«.

Side 24, Linie 2 fra neden: »50« rettes til »100«.

Side 25, Linie 7 og 17 fra oven: -Vandindholdet er her angivet i % af Vaadvægt.

Side 25, Linie 21 fra neden: »15-20« rettes til »ca. 50«.

Side 25, Linie 17 fra neden: »10-20« rettes til »18-22«.

Side 58 øverst: I 'Vijkanders Tabel er Fugtigheden angivet i % af Vaadvægt.

Side 69, 1' Stykkes sidste Punktum: »I Modsætning Infusorier« udgaar.

§ 456, Linie 6 fra oven »Parthentum« rettes til »Parthenium«.

RETTELSER TIL JÆRNBETON, 1931.

Side 36, Linie 15 og 16 fra oven rettes sidste Sætning til: »Produktet af dette og Jærnbetonens Elasticitetstal sættes i de danske Normer til 2 at«.

Side 52, Linie 4 fra neden: »0,28« rettes til »3,58«.

Side 67, Linie 4 fra neden: »Een af disse Normalsandet. Ogsaa« udgaar.

Side 116: I Formlen for I efter Fig. 122 rettes »+F« til »-F«.

Side 122: Formlen nederst paa Siden rettes til: $a^3 = (\alpha \cdot L^2 + a^2) \cdot \frac{b}{1 + \frac{P_0}{0,5 \varphi}}$

Side 194, § 275: I øverste Formel rettes »Ib« til »1«, i nederste Formel rettes »1« til »Ib«.

Side 302, Linie 6 fra neden: » $\frac{1}{3}$ « rettes til » $\frac{1}{6}$ «.

Side 304, Linie 2 fra neden i 5' Spalte rettes »0,325« til »0,225«.

Side 314, Linie 6 fra neden: »320« rettes til »380« to Steder.

Side 314, Linie 5 og 3 fra neden: »1580« rettes til »1660«.

Side 314, Linie 2 fra neden: »0,47« rettes til »0,45«.

Side 404: I Fig. 638 rettes »L = 180« til »L = 208«.

Side 408, Linie 6 fra oven: »M multipliceres med $\sqrt{2}$ « ændres til »e er Afstanden mellem Længdejærnene henholdsvis Ringene«.

Side 408, Linie 9 fra oven: Formlen ændres til: $\frac{f}{O} = \frac{M}{2s_j \cdot Fk} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$.

Side 408: Sidst i § 582 tilføjes »altsaa: $\frac{f}{O} = \frac{M}{2 \cdot s_j \cdot Fk}$ «.

Side 413, Linie 2 fra oven: »det Tyngdepunktlinie« rettes til »Nullinien«.

Side 418, nederste Linie: »og σ_j^c « samt »og (360)« udgaar.

Side 420, Linie 2 fra oven: »bx« rettes til »bx²«.

Side 457, § 660, sidste Formel: » $\beta_n \cdot W_0$ « rettes til » $\beta_n \cdot W_n$ «.

Side 579, Linie 4 fra oven: Foran Brøken tilføjes »10⁴«.

Side 579, Linie 7 fra oven: »Sc« rettes til »10⁴ · Sc«.

I. NATURSTENS TILBLIVELSE OG BESTANDDELE.

A. Tilblivelse.

1. Bjærgarter. Jordskorpen danner som et Slaggelag udenom den glødende Jordkærne. Denne bestaar af tunge Stoffer, thi Jordklodens Rumvægt er gennemsnitlig **5520 kg/m³**, medens Jordskorpens kun er halvt saa stor; man mener, at Kærnen, ligesom Meteorsten, bestaar af nikkelholdigt, gedigent Jærn. De lette Stoffer har samlet sig paa Qverfladen, hvor de er kommet i Forbindelse med Atmosfærens Bestanddele og ved Afkøling har dannet en Skorpe, der, samtidig med at den voksede i Tykkelse, har været udsat for mange Slags Paavirkninger, der dels har ændret dens oprindelige Tilstand og dels medført, at den er blevet gennembrudt af nye flydende Masser (Eruptiver), der har skubbet de gamle, til Side eller lejt sig ovenpaadem.

Den faste Jordskorpes Alder menes ikke at overstige 1800 Millioner Aar. Man kommer til dette Tal ved at undersøge Mineraler, der indeholder Uran; da man kender den Hastighed, med hvilken Uran omdannes til Bly, kan man ved at bestemme Forholdet mellem uomdannet og omdannet Uran regne sig til, hvor længe Mineralen har eksisteret; Paa Grundlag af tilsvarende Maalinger har man skønnet Jordklodens Alder til 10 Gange den faste Jordskorpes.

De Steder i Jordskorp'en, hvor der er sket lodrette Forskydninger eller foregaaet andre store Bevægelser, frembyder ofte særlig stor geologisk og teknisk Interesse, fordi Stenarter, der ellers ligger i Dybet, er blevet let tilgængelige. Det er dog ikke altid, man finder gode Bygningssten paa de Steder, undertiden er Materialet skørnet ved de voldsomme mekaniske Paavirkninger¹⁾ eller er blevet gennemtrukket af Revner. Vand, der siver ned i disse Revner, kan udfælde Jærnsalte, der farver Stenene, eller udskille Kalkspat, der fylder Revnen, undertiden saa godt, at den ikke virker svækkende; i Serpentin og i mørk Kalksten kan man finde, hvide Kalkspatgange af denne Art. Det for sig, smukke Udseende skattede, Brecciemarmor, der bestaar af sammenkittede Marmor-skærver, menes dannet paa samme Vis. Ogsaa Stoffer som Kvarts kan udskilles af Vandet i saadanne Revner og virke helende.

De Stenarter (f. Eks. Granit, Marmor, Sandsten) og Forvitningsprodukter (f. Eks. Sand, Ler), der tilsammen danner Jordskorpen; kalder Geologerne for Bjærgarter. Af deres nuværende Tilstand og Beliggenhed kan man slutte sig til deres Forhistorie, og efter denne inddeles de i 3 Grupper: Eruptiver, Sedimenter og Omkrystalliserede Bjærgarter.

2. Eruptiver som Granit er dannede direkte ved smeltede Massers Størning; de bestaar overvejende af Silikater. Eftersom Afkølingen er sket hurtigt eller langsomt, bliver Bjærgarten finkornet eller grovkornet. Svindet under Afkølingen har undertiden fremkaldt brede Revner i hvilket nyt, flydende Materi-

¹⁾ Bjærgkædedannende Tryk, der virker fra alle Sider og sammen med høj Temperatur, virker oftest forstærkende, mens eensidigt Tryk sammen med lav Temperatur oftest virker svækkende.

ale er steget op, og hvis dette har en anden Farve, fremtræder det som tydelige Aarer i Stenen. Slige udfyldte Spalter kaldes **Gange**.

Eruptiverne menes at udgøre 95% af Jordskorpens yderste 10 km.

3. Sedimenter er dannede ved Aflejring (Sedimentation) af Smaadele, som oftest i Vand (§ 173-228). Man skelner mellem:

Mekaniske Sedimenter som Sandsten, hvis Korn er sammenkittede af et eller andet Bindemiddel, som Vandet har udskilt. Deres Vejtfasthed bestemmes navnlig af Billdemidlet.

Organiske Sedimenter, der bestaar af Dyreskaller (Kalksten) eller Planteskaller (Diatomekisel).

Kemiske Sedimenter som Kildekalk, Gips, Stensalt, der er udfældede af Saltopløsninger.

De fleste Sedimenter er lagdelte, fordi Sedimentationsbetingelserne har vekslet. F. Eks. vil en Sandstens Kornstørrelse variere, eftersom Kornene er bundfældede i mer eller mindre roligt Vand. Muligvis er der foregaaet Hævninger, der har tørlagt Overfladen i en Periode, og Sænkninger, der atter har muliggjort Bundfældninger. Lagdelingen letter Brydningen, og undertiden lettes denne yderligere ved Tilstedeværelsen af Svindrevner eller andre Revner efter Planer, der staaer vinkelret paa Lagene; ofte er Sammenhængen i enkelte Lagfladersaa ringe, at Stenene af sig selv skiller her ved Brydningen, og slige Flader naa da ikke ligge for tæt, hvis Stenen skal kunne bruges som Bygningssten.

Mange Sedimenter indeholder forstenede Dyr eller Planter, der viser, paa hvilket Tidspunkt Aflejringen er sket. Eruptiverne mangler denne Kilde til Aldersbestemmelse, men hvis Eruptivet har gennembrudt eet Sediment og er dækket af et andet, maa Eruptionstidspunktet ligge mellem disse to Sedimenters Opstaaen.

Af Jordens samlede Sedimentmængde menes Leret og de lerrige Sten at udgøre ca. 70%, Sandstenene ca. 20% og Kalkstenene ca. 5%.

Kunstige Sedimenter. Naar Basaltmel med 8% Vand presses i $\frac{1}{4}$ —2 Timer med et Tryk varierende 500 Gange i Minuttet fra 500 til 2000 at, findes straks efter Afformning Trykstyrken $Se = 450$ at, og den vokser lidt med Tiden. I. M. London Kongres 1937, S. 334 (*L'Hermite*).

4. De omkrystalliserede Sten kan baade være Eruptiv- og Sedimentdannelser, men efter deres Opstaaen har de været underkastede saa store Tryk og høje Temperaturer, at i alt Fald nogle af deres Bestanddele er blevet flydende, saa at der er sket en Omkrystallisation.

Mange Sten af denne Art har en skifret Struktur, idet de er blevet ligesom valsede, saaledes at Kornene har strakt sig ud i de Retninger, i hvilke Materialet kunde undvige. Disse Bjærgarter kaldes **krystallinske Skifre**, og til dem hører Gneis og de fleste Skifre, dog plejer man ikke at medregne den almindelige Lerskifer. De omtales i § 181 og 190-1.

Til de **omkrystalliserede Sten** hører desuden Kvartsit, Fedtsten, Serpentin og Marmor.

De omkrystalliserede Sten træffes navnlig som indtil flere Kilometer tykke Grænselag mod frembrudte Eruptiver, fra hvilke de har modtaget Varme, Vanddamp og andre Damp, der medførte Omdannelserne. De voldsomme Tryk har ofte medført Foldninger og Knusninger, der gør disse Sten mindre brugbare end de upaavirkede. De i Moderstenen værende Grundstoffer genfindes naturligvis i den omdannede Sten, men ofte har de indgaaet nye kemiske Forbindelser og da fortrinsvis saadanne, hvis Rumfang er mindre end de oprindeliges, saaledes at de nydannede Mineraler har særlig stor Vægtfylde. Dette forklares ved det store Tryk, hvorunder de er dannede.

De omkrystalliserede Sten er omdannede dybt nede i Jorden uden Atmosfæriernes Adgang. Geologerne kalder disse Sten **metamorfe** og skelner mellem:

(1) Kontaktmetamorfose, en Omdannelse, der skyldes, at Stenen har været i Berøring med fremtrængende, glødende Magma;

(2) Trykmetamorfose eller Dynamometamorfose, en Omdannelse, der skyldes, at Stenen har været udsat for store Tryk, opstaaede ved Jordskorpens Foldninger. Det er disse Sten, der ogsaa kaldes krystallinske Skifre, og til dem hører Gneis, Granulit, Glimmerskifer, Hornblendeskifer, Kloritskifer, Talkskifer, Kvartsitskifer, Eklogit.

B. Stenenes Struktur.

5. Korn. Naturstenene er opbyggede af Korn. Som Regel er Kornene Krystaller med mer eller mindre afrundet Overflade, og hvert Korn er da i kemisk Henseende en Enhed, enten et Grundstof eller en kemisk Forbindelse. I nogle Sten er alle Kornene af samme Stof, f. Eks. bestaar alle Marmorets Korn af $CaCO_3$; andre Sten indeholder flere Slags Korn, f. Eks. bestaar Granit af Feldspat, Kvarts m. m. I nogle Sten støder Kornene umiddelbart sammen uden Bindemiddel imellem (Marmor, Granit), hos andre er desammenkittede af et Bindemiddel (Sandsten).

Alle de uorganiske Stoffer, der findes i Stenene som selvstændige Korn, kaldes **Mineraler**; de vigtigste omtales i § 12-21. De fleste Mineraler optræder kun i en enkelt Krystalform, hvilket letter deres Identificering.

Knuser man en Krystal, spalter den ofte efter plane Flader, de saakaldte **Spalteflader**, hvis Retning hyppigst falder sammen med de ydre Krystalfladers. Brudflader af denne Art plejer at have Glasglans. Andre Mineraler savner Spalteflader og brydes efter tilfældige Flader, der ofte er krumme og furede efter et Bølgesystem med Centrum i det Punkt, hvor Bruddet begyndte; et saadant Brud kaldes »muslet«. Det træffes ikke blot i Krystalindivider, men ogsaa i Sten, der er nleget homogene (glasagtige eller med mikroskopisk smaa Korn).

6. Strukturer. Kornenes Størrelse og Lejringsmaade bestemmer Stenens Struktur.

Efter Kornstørrelsen benævnes **Strukturen: kornet**, naar de enkelte Korn kan ses med det blotte øje (Granit, Marmor); **tæt**, naar Kornene kun kan ses i Mikroskop; Korndiameteren er da højst $1/100$ mm (mange Basalter, almindelig Kalksten), Flint); **glasagtig**, naar Kornene ikke engang kan ses i **Mikroskop; porfyrisk**, naar den kornede, tætte ellerglasagtige Grundrnasse indeholder enkelte større Korn (§ 161).

Efter Kornenes Lejringsmaade benævnes **Strukturen: lagdelt**, naar Kornene ligger stribevis ordnede efter Størrelse eller Farve (Sandsten, **Gneis**); **skifret**, naar Stenene særlig let lader sig kløve i een bestemt Retning (Tagskifer), se § 4 og 182; **porøs**, naar der findes mange smaa Hulrun' (Pimpsten).

Af andre Fagudtryk skal **nævnes: Aggregat**: Enhver Samling af Mineral-korn, hvad enten Kornene er sammenvoksede (Marmor, Granit, Flint), sammenkittede (Sandsten) eller blot sammenhobede (Sand, Grus). **Konglomerat**: Et Sediment dannet ved Sammenkitning af runde Sten ganske som Rundstensbeton (§ 180). **Breccie**: Et Sediment dannet ved Sammenkitning af skarpkantede Stenstykl{er ganske som Skærvebeton (§ 180). **Gange**: Sprækker fyldte med en anden Stenart (§ 2). **Stik**: Meget fine Revner, eventuelt usynlige (§ 153).

Mineralogien omhandler Mineralerne, **Petrografen** Bjærgarterne, **Geognosien** Jordskorpens nuværende Tilstand, **Geologien** Jordskorpens Udviklingshistorie.

C. Bestemmelse af Stenarten.

7. Oversigt. iAt bestemme en foreliggende Stens Plads i Systemet maa sædvanligvis blive Mineralogernes og Geologernes Sag, men nogle af disses Ar-

1) Kalksten deles undertiden i: (1) kryptokrystallinske ($\ll 0,01$ mm), (2) mikrokristallinske (0,01-0,2 mIn), (3) makrokristallinske ($> 0,2$ mm), og baade (1) og (2) kaldes undertiden tætte.

bejdsmetoder, der er saa simple, at enhver kan gøre Brug af dem, skal omtales 1).

De Egenskaber, der bedst og lettest karakteriserer Stenene, er deres Haardhed, kemiske Forhold, og optiske Forhold; mindre vejledende er Farven, Vægtfylden (§ 23), der sjældent ligger udenfor Grænserne 2,7 og 3, og Smeltepunktet.

Løse Stenkorns Undersøgelse omtales i § 368.

8. Haardheden af et Mineral bedømmes ved en Ridseprøve og angives med et Tal, der vokser med Haardheden fra 1 til 10, idet man gør Brug af Mohs' Haardhedsskala:

- | | |
|---|--|
| 1. Talk (ridses let med Neglen). | 6. Ortoklas (enkelte Gnister mod Staal). |
| 2. Gips og Stensalt (ridses vanskeligt med Neglen). | 7. Kvarts (gnistrer stærkt mod Staal). |
| 3. Kalkspat (skræbes let med en Kniv). | 8. Topas. |
| 4. Fluspat (skræbes vanskeligt med en Kniv). | 9. Korund. |
| 5. Apatit (skræbes saa godt som ikke med en Kniv, kan ridses med en haard Fil, giver ingen Gnister mod Staal; Rudeglas har Haardhed 5). | 10. Diamant. |

Hviseet af disse Mineraler ikke, kan Ridseprøvestykket og heller, ikke ridses af dette, er de lige haarde, og Haardheden angives ved Mineralens Nummer. Bestaar en Sten af flere Mineraler, angiver man dens Hovedbestanddeles Haardhed. En Ridseprøve med Neglen eller en Lommekniv er tilstrækkelig til at paavise den omtrentlige Haardhed. Ridseprøver med Diamant, som de bruges til Metaller (*Byggematerialer I*, 1920, § 249), er ikke almindelige til Sten. *Indtryksprøver* omtales i § 54.

Mineralernes Slidfasthed bestemmes undertiden af Mineralogierne ved Afslibning med et haardt Slibepulver som Korund eller Karborundum under ensartede Forhold. Sættes Rumfangsformindskelsen til 1000 for Kvarts paa Basisfladen (de forskellige Krystalflader har forskellig Slidfasthed), fandt *P. J. Holmquist* følgende Værdier:

Korund.....	5260	Adular.....	316—493	Kalkspat.....	23 -101
Topas.....	633- 813	Apatit.....	70- 84	Gips.....	3,4- 6,3
Kvarts.....	840-1000	Fluspat.....	78- 89	Talk.....	2,6- 9,3

men andre Forskere har fundet væsentlig afvigende Værdier.

9. Kemiske Prøver af simpel Natur giver ofte værdifuld Oplysning. Kalksten kan saaledes kendes paa, at de bruser med Saltsyre.

Gips bruser ikke med Saltsyre, men opløses noget, og inddampes Opløsningen, udskilles Gipsen som, spidse Naale. Sættes Baryumklorid til den saltsure Opløsning, udfældes Baryumsulfat; Prøven maa gøres nogenlunde hurtig, for at Luftens Svovlforbindelser ikke skal give Fældning (§ 18).

Kvarts opløses kun af Flussyre.

Saadanne Undersøgelser kan ogsaa foretages under Mikroskop, hvis Kornenes Lidenhed nødvendiggør det. Se ogsaa § 107.

10. Optiske Undersøgelser. Mange Sten' er saa ejendommelige, at deres Art kan bestemmes med det blotte øje, men iøvrigt kan man tage Lup og Mikroskop til Hjælp. Mikroskopet bruges dels som ved Metalundersøgelser, idet man ser paa en belyst Brudflade eller poleret Flade, dels til at betragte de saakaldte Tyndslib i gennemfaldende Lys.

Ved Tyndslibenes Fremstilling slaar eller skærer man en Flis af Stenen f. Eks. 2mm tyk og paa Størrelse med en Ee-nøgle eller Tokrone, sliber den ene Side plan og glat og fastkitter den med Kanadabalsam paa et Objektglas, hvorefter den anden Side slibes, indtil Stykket er blevet saa tyndt (0,01-0,03 mm), at selv mørke Mineraler kan gennemlyses.

Naar Tyndslibet betragtes i et almindeligt Mikroskop, ser man Kornenes Størrelse, Form og Lejringsmaade, og i et Polarisationsmikroskop faar man Oplysninger om Kornenes Evne til at dreje det polariserede Lys' Svingningsplan. Deres Forhold i saa Henseende røber, om de er amorfe, eller til hvilket Krystalsystem de hører.

1) Forskellige mer eller mindre simple Nøgler til Bestemmelse af de vigtigste Mineraler og Bjergarter findes i *O. B. Bøggild*: Lærebog i Krystallografi og Mineralogi, Kbhvn. 1926 og i *Josef Sting*: Technische Gesteinkunde, Wien 1929.

Gennem Tyndslibet kan man ikke blot bestemme Stenarten, men ogsaa afgøre i hvor høj en Grad den er forvitret eller indeholder Stoffer, der let kan forvitte, og hvor god den indbyrdes Forbindelse mellem Kornene er.

Gennemsigtige, løse Kornes Lysbrydning omtales i § 368.

t 1. Farven er et daarligt Kendetegn, da eet og samme Mineral ofte optræder med forskellig Farve som Følge af tilfældige Forureninger.

Røde Farver, som de træffes hos Sandsten, stammer ofte fra Jærnoxid (Fe_2O_3), brune og gule fra Jærnhydroxyder, f. Eks. fra Brunjærnsten ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$). At gulbrunt Ler bliver rødt ved Brænding, skyldes Hydroksydernes Omdannelse til Oksyde. Grønne Farver hos Olivin, Klorit, Epidot, Glaukonit stammer fra jærnholdige Silikater. Graa og sorte Farver hos Marmor og Ler stammer oftest fra forkullede Organismer. Blaasorte Farver kan stamme fra findelt Jærnsulfid.

Stregfarven, Pulverfarven er mere konstant end Overfladefarven og bestemmes ved at stryge Mineralen mod uglaseret Porcelæn eller ved at ridse det med en Kniv.

Den flammefarvende Evne hos Natrium (gul), Kalium (violet), Kalcium (gulrød) kan bruges til at paavise disse Stoffers Tilstedeværelse.

D. De vigtigste Mineraler.

1. Kisel.

t 2. Kiselgruppen omfatter Mineraler, der næsten udelukkende bestaar af Kiselsyreanhydrid (SiO_2). De kan enten være udskilt af Vand (§ 1) eller ved smeltede Massers Størkning. De angribes ikke af Saltsyre, er meget vejrfaste og haarde.

Kvarts optræder oftest som Korn uden regelmæssig Form, lignende graaligt Glas med ringe Glans; saaledes forekommer den i Strandsand, Sandsten og Granit. Nogle Bjergarter er udelukkende dannede af Kvarts, enten saaledes, at Kornene er voksede sammen til et Hele - Flint (§ 13), Kvartsit (§ 190) - eller som visse Sandsten, i hvilke ikke blot Kornene, men ogsaa Bindemidlet er Kvarts. Saavel Haardhed som Styrke er meget stor, og Vejrfastheden ret ubegrænset.

Kvarts er ren SiO_2 og taaler alle Syrer undtagen Flussyre.

Vægtfylden er 2,65 (§ 23), Haardheden 7, $E^c = 510\,000$ at, Smeltepunktet 1710° . Brudfladen er muslet. Undertiden træffes farvet Kvarts (§ 152). Om Lysbrydning se § 368. Styrken fandtes af *Niggli* at være:

	SC	Sb	St
I Krystallens aksiale Retning	25000	1400	1160 at
» » Tværetning	22280	850	920 »

Naar Kvarts opvarmes, forandres den paa forskellige Maader. Ved 20° haves B-Kvarts med Vf. 2,65; med stigende Temperatur synker Vægtfylden og er ved 561° sunket til 2,55; ved 573° omdannes B-Kvarts til a-Kvarts med Vf. 2,52, hvorefter der ingen væsentlige Ændringer sker indtil 870° . Naar denne Temperatur overstiges, forvandles Kvartsen trægt til Tridymit, der har Vf. ca. 2,30 og er stabil mellem 870 og 1470° ; dens Haardhed er 6,5. Over 1470° forvandles Tridymiten trægt til Cristobalit med Vf. 2,21 og Smeltepunkt 1710° ; efter Smeltning haves Kvartsglas, som er amorft efter Afkøling. Naar Kvartsglas genopvarmes til en Temperatur mellem 1470 og 1710° , kan det omdannes til krystalinsk Cristobalit.

Kvartsens Rumfangsvækst mellem 20° og 900° har hosstaaende Værdier an- $20^\circ-450^\circ$: 2,4% givet i % af Rumfang ved 20° . $450^\circ-575^\circ$: 2,8 ».

Varmeudvidelse § 49, Brandsikkerhed § 51-2. $575^\circ-900^\circ$: -0,5 ».

Kvartsglas fremstilles ved Smeltning af Kvarts, hyppigst Sand, og kan forarbejdes som andet Glas. Det kan i glødende Tilstand dypes i Isvand uden at springe, da Varmebevægelsen er yderst ringe (0,05 mm pr. 100 m pr. 10). Kemisk angribes det kun af Flussyre og Fosforsyre. Det er meget gennemtrængeligt for ultraviolette Straaler. Det er amorft med Vf. 2,21, Smeltepunkt 1710° , $St = 1200$ at. Den almindelige Handelsvare, der er fremstillet af Kvartssand, sælges ofte under Navne som Vitreosil, Siloxyd o. fl.

Kiselgur omtales i § 226, Smykkesten i § 21.

t 3. Flint er en tæt Varietet af Kvarts med røggraa eller sort Farve af indblandet Kul og kun i tynde Stykker gennemskinnelig. Den er overordentlig vejrfast.

Den findes i Kalkaflejringer, hvor Kiselskeletter og -skaller, stammende fra Organismer, er bundfældede sammen med Kalken og gemt i denne. Senere har gennemsvivende Vand opløst Kiselen og atter udskilt den i Klumper eller Lag paa Steder, der i Forvejen var særlig kiselrige. Se ogsaa § 205.

Vægtfylden er 2,6, Haardheden 7; Trykstyrken af Flint fra Fakse fandt jeg ved Enkeltforsøg med 4 cm Tærninger at være 362, 663, 839 og 1703 at; de første to Tal gælder for uensartet, porøs Flint, de sidste to for tæt Flint, men Prøvelegemerne var mangelfuldt tildannede. Slidfasthed § 60.

Paa Grund af dens Haardhed og Homogenitet kan den tildannes med overordentlig skarpe Kanter, og Stenalderens Folk benyttede den derfor til skærende Værktøj.

Kirkerne i Sydvest-England er opført af Flint, og det samme gælder den engelske Kirke i Københavns Grønning.

I Danmark findes Flint i saavel Skrivekridtet som det nyere Kridt (§ 194-5).

Skrivekridtets Flint stammer fra Kiselsvampe, der har vokset paa Havbunden og er blevet indesluttede i Kridtet. Nogle af disse Svampe er senere gaaet i Opløsning, og den opløste Kisel har udskilt sig paa andre Svampe, hvorved der er dannet Flintknolde, hvis Størrelse varierer fra 1 cm³ til 1 m³. At disse ofte ligger ordnede i Lag parallelle med Kridtlagene, som det ses i Stevns Klint, forklares ved, at Svampevegetationen med visse Tidsmellemrum har været særlig frodig. Skrivekridtets Flint er sort og blank, men har ofte en Forvitringsskorpe af hvid Flint.

I det nyere Kridt findes Flinten i indtil ½ m tykke sammenhængende Lag; i Blegkridtet er den mørkegraa, i Limstenen lysegraa. I Faksekalken findes Flint ikke i ren Form, men noget af Kalken er gennemtrukket af Kisel, og denne blaa-graa Kalkflint bruges undertiden til Murværk, men mest til Vejbygning i Form af Bundsten og Skærver, hvortil ogsaa Sten, der delvis bestaar af Kalkflint, delvis af Kalk, finder Anvendelse (§ 303 og 366).

Den danske Flint eksporteres i stor Udstrækning, dels som Kugleflint, dels for at brændes og pulveriseres til keramisk Brug; det meste Sandpapir er fremstillet af den. I Danmark bruges den desuden som Bundsten og Skærver i makadamiserede Veje og som Skærver i Beton.

Kugleflint kalder man de sorte Flintkugler, der findes ved Foden af Stevns og Møens Klint. Det er forstenede Kiselsvampe af Størrelse som Billardkugler, der til Dels har faaet deres runde Form ved at rulle i Havstokken. De har en meget stor Værdi som Malelegemer i Rørmøller, der formaler Stoffer, som skal være jærnfri. Kugleflinten ved Stevns blev allerede opsamlet af Absalon og brugt som Slyngesten ved Forsvar af Borgen ved København.

Silex, der bruges til Udforing af Malemaskiner for Cement, er naturlig Flintesten.

2. Silikater.

14. Feldspatgruppen omfatter en Række Dobbelsilikater af Aluminium og eet eller flere andre, lette Metaller (Aluminium, Natrium, Kalk). De udgør Hovedbestanddelen af alle Eruptiver, i hvilke de optræder som tavleformede, uigennemsigtige, glasglinsende Krystaller af forskellig Farve, ofte rød, graa eller hvid. Baade Haardhed, Styrke og Vejrfasthed er noget ringere end hos Kvarts. Feldspat med matte Spalteflader er forvitret.

Betegnelsen Spat er fælles for en Række Mineraler lled udpræget Spaltelighed.

Der er to paa hinanden vinkelrette (eller næsten vinkelrette) Spalteflader. Vægtfylden er 2,5-2,8, Haardheden 6, Smeltepunktet 1100-1300°. Elasticitet § 70. Vejrfasthed § 91 og 368. Kalkfri Feldspat er meget syrefast. Stregfarven er hvid. Man skelner mellem:

Kalifeidspat eller *Ortoklas* (K Al Si₃O₈)

Natronfeldspat eller *Albit* (NaAl Si₃O₈)

Kalkfeldspat eller *Anortit* (CaAl₂Si₂O₈)

Kalknatronfeldspat er en Blanding af de to sidstnævnte, og Blandingsforholdet kan være et hvilket som helst. De natronrigeste kaldes *Oligoklas* og træffes f. Eks. i Diorit, Granit og Gneis. En kalkrigere Blanding er *Labrador*, der sammen med endnu kalkrigere forekommer i Gabbro, Diabas og Basalt.

Ortoklas har glatte Spalteflader, der staa vinkelret paa hinanden; alle de andre - hvis Samlingsnavn er *Plagioklas* - er kun glatte paa den ene Spalteflade, den anden er fint rillet, og Vinklen mellem dem er 93-94°. Vejrfastheden er omtalt i § 106.

Lapis lazuli er en blaa Sten, en Blanding af svovlholdigt Natrium-Aluminium-Silikat og mindre Mængder af mange andre Mineraler, deriblandt Svovlkis og Kalkspat. Vf. 2,4, Haardhed 5½, taaler ikke Saltsyre. Den findes som Smaastykker i Kalksten, er dannet ved Kontaktmetamorfose og er ikke skifret. Den skæres op i tynde Skiver, der samles til Mosaiker og bruges til Bordplader og Søjlebeklædning indendørs.

15. **Glimmergruppen** omfatter forskellige vandholdige Silikater af Kalium, Magnium, Aluminium, Jærn m. m. Det er stærkt skinnende Mineraler med bladet Struktur og ringe Haardhed (2-3); de forekommer i mange Bjærgarter som Skæl dannede ved Omkrystallisering under Tryk (§ 181); hvis de er store, kan de spalte, og i saa Fald forringer de Styrke og Frostfasthed (§ 152). Man skelner mellem lys Glimmer, der ikke forvitrer kemisk, og mørk (jærn-

holdig) Glimmer, der forvitrer let, hvorved Stenen faar gule og brune, rustagtige Pletter.

Lys Glimmer (Muskovit) (Kaliglimmer) er gennemsigtig gullig, angribes lidet af Syrer og er meget vejrfast. Vf. 2,76-3,1. Elasticitet § 70. Nogle Steder findes den som store Tavler, der let kløves til tynde, elastisk bøjelige Blade, der bruges til Ruder i Ovne, da de er gennemsigtige og hverken smelter (§ 52) eller springer, og til Ruder, der er udsat for Rystelser; Trækstyrken er meget stor (§ 87). De bruges ogsaa som Isolationsmateriale i Elektrotekniken, da den elektriske Gnlst vanskelig slaar igennem, men de maa holdes fri af Olie, ellers forsvinder Isoleringsevnen. Det af Glimmeraffaldet ved Sammenklæbning med Skellak fremstillede Isolationsmateriale, Mikanit, har lignende Egenskaber og kan faas i Plader af vilkaarlig Størrelse. Supra-Mikanit har Kunstharpiks som Bindemiddel. Sericit er en særlig lys Glimmer, meget finskællet og noget traadet, hvilket giver den Silkeglans. Den findes ofte i krystallinske Skifre.

Mørk Glimmer (Biotit) (Magnesiaglimmer) indeholder de samme Stoffer, men ogsaa Magnium og Jærn, der farver den brun- eller grønsort og forringer Vejrfastheden (§ 107, 132). Den findes i Granit, Syenit og Glimmerskifer. Vf. 2,8-3,2.

Klorit staaer Glimmeren nær, men indeholder Ingen Alkaher. Den er et grønt, vandholdigt Silikat af Magnium, Jærn og Aluminium. Den grønne Farve skyldes Jærnet. Klorit findes f. Eks. i Diabas. Talk og Serpentin omtales i § 217-9.

16. Andre Silikater af varierende Sammensætning:

Augit og Hornblende er grønsorte Mineraler indeholdende MgSiO₄. CaSiO₄. FeSi₂O₆ i vekslende Blandingsforhold. Bortset fra den mørke Farve mider de en Del om Feldspat, men er tungere (som Følge af Jærnindholdet) og mindre haarde og vejrfaste. Desuden er de sejdere, hvilket Navnet Hornblende er et overdrevet Udtryk for. Augit forekommer i Basalt, Hornblende ofte i Granit.

Vægtfylden er 3-3,5, Haardheden 5-6. Hornblende har to udprægede Spalteflader, hvis indbyrdes Vinkel er ca. 125°, Augit har to mindre udprægede (87°). Hornblende har gerne 6kantet Tværnsnit, Augit 8kantet. Augit er ofte vejrfastere end Hornblende. Smeltepunkt § 52. Augit har $E^c = 1\ 328\ 000\ \text{at}$, Hornblende 1 045 000.

Pyroxener er et Samlingsnavn for Augit og en Række nærstaaende Mineraler som Diallag og Jadeit. Diallag har perlemor- eller metalagtig Glans; den findes i Gabbro. Jadeit (NaAlSi₃O₆) er en halv- eller uigennemskinnelig Sten, der ofte forveksles med Nefrit, men den indeholder ikke Magnesia og er næsten lige saa haard som Kvarts og har et væsentlig lavere Smeltepunkt end Nefrit. Den forekommer i Kina og bruges til ornamenterede Smaaagenstande. Smaragdgrønne Sten er i høj Pris, hvide, graa og graagrønne er mindre værdifulde.

Amfiboler er et Samlingsnavn for Hornblende og dens Slægtninge, f. Eks. Straalsten, Asbest, Nefrit. Om Asbest se § 220. Nefrit (af græsk nephros = Nyre, da Stenen mentes helbrebringende ved Nyrelidelser) er en Afart af Hornblende med Haardhed lidt over 6 og Vf. 3,05-3,15. Den er for det blotte øje homogen, men viser under Mikroskopet en krystallinsk eller traadet Bygning; Bruddet er sphæret. Den har en for en Stenart usædvanlig stor Sejghed og bruges af Stenalderens Folk til Vaaben og Værktøj, hvoraf Navnet Øksesten. Mørkegrøn, uigennemskinnelig Nefrit indføres fra Australien og bruges som Smykkesten. Tysk Nefrit fra Jordansmtåhl i Schlesien bruges siden 1933 paa samme Maade; Farven kan være sart rosa, graa eller grøn.

Olivin er et jærnholdigt Magniumsilikat - (MgFe)2SiO₄ - der ligner lysegrønt Glas og findes i mange Basalter. Den forvitrer let til Serpentin og taaler ikke Saltsyre. Vægtfylden er 3,3-3,5, Haardheden 7. Navnet skyldes den olivengrønne Farve, der stammer fra Jærnet. Se ogsaa § 168.

3. Kalk, Magnesit, Gips.

17. Kalkspat (CaCO₃) er det Mineral, af hvilket de ægte Marmorarter er opbyggede (§ 202). Ogsaa de almindelige, tætte Kalksten bestaar af Kalkspat-korn men disse er mikroskopiske. Hældes der Syre paa Kalkspat, bruser den, fordi Kulsyren undviger (§ 107). I ældre Bjærgarter som Sandsten, Kisel-skifer, Kalksten, der efter Dannelsen er revnede, kan Revnerne være udfyldte med hvid Kalkspat, som det i Revnerne sivende Vand har udskilt.

Vægtfylden er 2,72, Haardheden 3, $E^c = 990000\ \text{at}$. Varmeudvidelse § 49. Lysbrydning § 368. Krystallerne er oftest formede som Rhomboedre, sekskantede Prismer eller Skalenoedre.

Magnesitspat (MgCO₃) bruges enkelte Steder som Marmor. Ved Brænding udvindes Kulsyre og Magnesia (MgO), der bruges til Magnesiacement og til ildfaste Sten og Digler. Den bruser ikke med kold Syre.

Farven er hyppigst hvid, Vf. 2,9-3,1, Haardhed: 4-4,5. Opløses i Pulverform af varm Saltsyre. Om Sprængninger se § 117.

Dolomit (54% CaCO_3 + 46% MgCO_3) ligner Kalkspat, men er mere syrefast (§ 107).

Naar Dolomit forekommer som Bjærgart, indeholder den ofte et Overskud af CaCO_3 og ligner i det ydre meget Kalksten. Den er enten udskilt af Vand eller dannet af Kalksten i hvilken Havvand eller andet Vand med Magniumsulte er trængt ind. Strukturen er kornet eller tæt: Farven er oftest hvidlig, men kan være rød, grøn eller gul, og Massen er i Reglen svagt gennemskinnelig. Vægten er 2700-2900 kg/m^3 (§ 23), Porositeten 0,01-0,18, Haardheden 3,5-4,5 og Trykstyrken indtil 1200 at, for norsk Dolomitmarmor indtil 1750 at. Den bruser kun med varm Syre. Om Vejrfastheden se § 42, 117, 203, 205. Varmefylden er 0,2. Ildfasthed § 52.

I Danmark spiller Dolomiten ingen Rolle (§ 198), men andre Steder bruges den bl. a. til Kalkbrænding og Cementfabrikation samt i brændt Tilstand ($\text{CaO} + \text{MgO}$) og blandet med vandfri Tjære til For i Thomaspærer.

18. Anhydrit og Gips er Kalciumsulfat henholdsvis uden og med Krystalvand. I Modsætning til Kalciumkarbonat bruser de ikke med Saltsyre (§ 107).

Anhydrit (Tærningespat) er vandfrit Kalciumsulfat (CaSO_4) udskilt af Havvand i høj Temperatur eller stor Dybde (> 100m), ellers dannes Gips. Den er spaltelig i 3 paa hinanden vinkelrette Retninger, har Haardhed 3-3½ og Vf. 2,9-3. Den er næsten uopløselig i Vand og Syrer, i alt Fald sker Opløsningen meget langsomt. Kommer Anhydriten op i Dagen, optager den langsomt Vand og omdannes til Gips under Rumfangsforøgelse (§ 368). Først i de senere Aar udnyttes den teknisk, idet man udvinder Svovlsyre af den og bruger den resterende Kalk til Cementbrænding.

Gips er Kalciumsulfat med ca. 21% Krystalvand: $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Den forekommer hyppigst som tætte eller kornede Masser, der er ret let opløselige i Vand (§110, 113) og derfor lidet vejrfaste, og hvis Blødhed er saa stor, at de undertiden kan ridses med Neglen.

Gips er enten udskilt af Havvand eller dannet ved Anhydritens Vandoptagelse. Den opløses lettere af fortyndet Saltsyre end af Vand (§ 9). Dens Opløselighed i Vand og i Svovlsyre er omtrent ens. I Modsætning til baade Anhydrit og Kalciumkarbonat afgiver Gips ved Opvarmning Krystalvand, hvilket Viser sig, naar man opvarmer et Stykke i et langt Glasrør, paa hvis Væg Vandet da fortætter sig. Varmefylden § 45. Varmeudvidelse § 49, 128. Lysbrydning § 368. Farven er gerne hvid eller graa, men kan ogsaa være rødlig af Urenheder. Den rene Gips har Vægtfylde 2,31-2,33, som Bjærgart vejer den 2200-2960 kg/m^3 ; Middeltal 2320 kg/m^3 , Trykstyrke: 50-70 at, Haardhed: 1,5-2.

Kalken i kalkholdige Sten kan i Industribyer omdannes til Gips under Rumfangsudvidelse. Denne Udvidelse i Forbindelse med Gipsens større Opløselighed foraarsager megen Skade (§ 115, 121-3, 126).

Tæt Gips benyttes som Tilsætning ved Cementfabrikation og til Oliefarver, men iøvrigt næsten udelukkende i brændt Tilstand til Mørtel, Gulve, Gipsbrædder, Stukkaturarbejder, Modeller og kunstigt Marmor.

Kornet Gips kan man undtagelsesvis se brugt som Byggemateriale f. Eks. i Bologna, hvis skæveste Taarn »Torre Gaisenda« - paabegyndt Aar 1110, 47,5 m højt og 2,4 m ude af Lod — har en Sokkel af Gipskvadere med meget store Krystaller. Sokkelen er velbevaret, bortset fra at Krystallernes Grænseflader og Glidflader tydeligt ses.

Alabast er kornet Gips og ligner Marmor meget (§ 21). Det er gennemskinneligt som dette, men mere steannagtigt i Udseende og blødere ($H = 2$), saa det lettere ridses. Det bruges i Kunstindustrien (Ampler). Danmark forsynes fra Ægypten. Det, saakaldte *Marmodi Casiellina* er Alabast, som efter Tildannelsen koges i Vand og derved faar en marmorhvid Skorpe.

Marieglas kalder man Gips, naar den findes som tynde, vandklare Plader, fordi man tidligere bragte dem paa Helgenbille, der som Renhedssymbol.

4. Jærnrige Mineraler.

19. Jærnrige Mineraler forvitrer mer eller mindre Jet.

Magnetjærnsten (Fe_3O_4) findes som smaa, staallignende Korn i mange Erup-tiver.

Krystalformen er et regulært Oktaeder, Haardheden 6, Vægtfylden ca. 5, Stregfarven sort. Kornene er ikke vejrfaste (§ 132, 152).

Jærnglans, Rødjærnsten (Fe_2O_3) ligner Magnetjærnsten, men Stregfarven er rød, Mineralet kan frembringe rustagtige Misfarvninger ved Forvitring (§ 132) og naar det bruges som Polerepulver (§ 241). Haardhed 6, Vægtfylde ca. 5.

Brunjærnsten (Fe_3O_4) med vekslende Vandindhold f. Eks. $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$) opstaar ved alle andre Jærnforbindelsers Forvitring (§ 125).

Afgiver Vand ved Opvarmning. Vægtfylde ca. 4. Limonit er Stenens mineralogiske Navn. Myremalm, indeholder 50-90% Brunjærnsten, mens Resten er Sand, Manganite, lidt Fosforsyre og Muldstoffer. Den er udskilt af Mosevand og meget porøs, men temmelig tung. I det vestlige Sønderjylland findes flere Millioner Tons Myremalm, delvis liggende lige under Jordoverfladen og i indtil 1 m tykke Lag. Ved nogle af de jydsk Findesteder bruges den som Bygningssten; den er ogsaa brugt til Helsing Kirke paa Sjælland. Endvidere bruges den til Rensning af Gas, da den binder Svovl, og naar den har gjort Nytte paa denne Maade, lægges den paa Gangstier i Stedet for almindeligt Grus, da den dræber Ukrudt. Den danske Myremalm indeholder 15-60% Jærn og har været brugt til Jærnfremstilling fra omkring Aar 1 til omkring Aar 1600. Før Aar 1 kom alt Jærn fra Udlandet, ligesaa efter Aar 1600, idet Hjemmeindustrien i Danmark da blev saaet ihjel af Udlandets opblomstrende Storindustri. I de senere Aar. eksporteres en Del til Brug i tyske Højovne, ialt brydes ca. 3300 t aarligt. Ved Thorup ved Sunds Sø findes Myremalm med indtil 51% Fe, som Cementfabriken Norden har Planer om' at udnytte til Fremstilling af Rundjærn. Øxenrade Sandsten, der findes ved Lillebælt i Omegnen af Middelfart og Fredericia, menes at indeholde ca. 34% Jærn i Form af Brunjærnsten og at være til Stede i et saa tykt Lag, at den med Fordel kan udnyttes som Jærnmalm.

Jærnsapat, Jærnkarbonat (FeCO_3) indeholder 48,2% Jærn og er en af de vigtigste Jærnmalm. Den spalter let til Romboedre, hvis Flader danner 107° med hinanden. Haardhed: 4, Vægtfylde: 3,7-3,9. Farven er næsten altid brunlig som Følge af begyndende Forvitring (Jærnsydehydrater, § 132). Den kendes fra Kalksten ved kun at opløses af varm Saltsyre, men da under stærk Brusning. Den grønlandske Kryolit indeholder Jærnsapat, der frasorteres og i Form af ganske smaa Skarver med plane, skinnende Flader undertiden bruges til Fremstilling af kunstig Granit med Cement som Bindemiddel (§ 307). Lerjærnsten er lerholdig Jærnsapat, der som Lag og Klumper findes i Sedimenter.

Kis er en Fællesbetegnelse for Svovlrnetalier. De findes som Smaakorn i mange Bjærgarter og forvitrer let.

Tilstedeværelsen kan paavises ved at hælde 10%ig Salpetersyre paa Stenen, idet der da udvikles Svovlbrinte; denne har en stikkende Lugt og svarter Papir, der er dyppet i Blyacetat.

Svovlkis (Pyrit) (FeS_2) ligner Messing og findes som smaa Tærninger, Oktaedre m. m. Den er ofte dannet ved, at Svovlbrinte fra raadnende organiske Stoffer har indvirket paa jærnholdigt Vand. Den forvitrer let i Berøring med Ilt og Vand, hvorved den udvider sig og kan gøre stor Skade (§ 115).

Derimod bidrager den næppe til Skorpedannelse (§ 126). Ved Forvitringen dannes Jærnsulfat og Svovlsyre ($\text{FeS}_2 + \text{H}_2\text{O} + 7\text{O} = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$); Jærnsulfatet forvitrer videre til Brunjærnsten ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), der farver Omgivelserne brune (§ 132). Ligger Svovlkisen under Vand, saa Luftens Ilt vanskeligt kan naa den, omdannes den ikke eller kun meget langsomt. Haardhed: 6, Vægtfylde: 4,9-5,2. Varmeudvidelse § 49.

Kobberkis (CuFeS_2) ligner Svovlkis, men Haardheden er kun 4.

5. Ædelsten og Smykkesten.

20. Ædelsten kaldes de Mineraler, hvis Haardhed overstiger 7.

Diamant (C) har Haardhed 10 og er uopløselig i alle Vædsker. Vægten udtrykkes i Karat, der oprindeligt var Vægten af en Kærne fra Brødfrugttræet, men nu er fastsat til 0,2 Gram. Man skelner mellem:

(1) Smykkediamanter, der er vandklare Enkeltkrystaller med Vf. 3,515-3,525, og

(2) Industridiamanter - ogsaa kaldet *Boris* eller *Boaris* - som paa Grund af Uigennemsigtheden eller daarlig Form er uegnede til Smykkesten. Uigennemsigtheden skyldes som Regel, at Stenen ikke er en Enkeltkrystal, men en Krystalhob. De vigtigste Industridiamanter er (a) Bortkugler eller Baller, kugleformede Krystalhobe, hvis Enkeltkrystaller enten er regløst sammenvoksede eller danner Stængler, der straalere ud fra Kuglens Centrum, og (b) de brune og sorte Karbondiamanter eller Carbonados, der tilsyneladende er amorfe, men i Virkeligheden bestaar af smaa Diamantkrystaller omgivne af en finporøs Masse og derfor har lavere Vægtfylde (3,01-3,45). (a) udføres navnlig fra Afrika, Australien og Borneo, (b) udelukkende fra Australien. Begge Slags er af variabel Kvalitet, navnlig (b).

Korund (Al_2O_3), $H = 9$, vekslende Farve. Angribes ikke af Syre. Vf. 3,9. $E^c = 5\ 200\ 000$ at. Kan fremstilles kunstigt. Rubin er rød Korund; bruges til Lejer i Ure. Safirer blaa Korund. Elektrokorund fremstilles i elektrisk Smelteovn og bruges i knust Tilstand som Slibemiddel (Abrasil) ligesom det noget haardere Karborundum (§ 238). Smergel, der bruges som Slibemiddel (§ 240), bestaar af 2/3 Korund og 1/3 Magnetjærn, Hæmatit, Kvarts og Silikater. Naxos Smergel (§ 231) har størst Slibeevne; den forekommer som Gange i Marmor og menes udskilt af Granit. Vf. 3,9-2,1. I Pulverform kan Liter-vægten i løst Maal være 1,75-1,85 kg og i sammenrystet Tilstand 2,15-2,30.

Krysoberyl ($\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), $H = 8\frac{1}{2}$, Vf. 3,5. Syrefast. Alexandrit er en mørkgrøn - i kunstigt hindbærred - Krysoberyl fra Ural. Katteøjne - se ogsaa § 21 - er en Krysoberyl med en til Navnet svarende ejendommelig Tegning og Lysrefleks, der - naar Stenen drejes - vandrer hen over den; den skyldes parallelt liggende, luftfyldte, mikroskopiske Porer.

Topas ($\text{Al}_2(\text{OH}, \text{F})_2 \text{SiO}_4$), $H = 8$, Vf. 3,5, syrefast. Vekslende Farve, ofte gul; bliver rød ved Opvarmning. Gul Kvarts udgives ofte for Topas.

Beryl ($3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), $H = 8$, Vf. 2,7, vandklar eller gul. Aquamarin er havgrøn Beryl. Smaragd er mørkgrøn Beryl; den kostbareste Ædelsten.

Spinet ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), $H = 8$, Vf. 3,5, rød eller violet, syrefast. Kan fremstilles kunstigt.
Zirkon (Zr SiO_4), $H = 7,5$, Vf. 4,2, er undertiden uigennemsigtig, undertiden klar. De klare Sten, der bruges til Smykker, er oftest brunrøde (Hyacinth), undertiden gule og kan gøres blaa ved Opvarmning (StarUt).

21. Smykkesten, der ikke er Ædelsten, er for en stor Del ejendommelige Former af Kvarts, og til disse hører de nedennævnte til og med Opal.

Bjærgkrystal kalder man Kvarts, naar denne fremtræder i regelmæssige, glasklare Krystaller. De findes i Klippehuler, hvor de er afsat af Vand, der er sivet ned gennem den overliggende Granit eller Gneis og har opløst dennes Kiselsyre; man har fundet Krystaller med indtil 8 m Omfang. Røgtopas kaldes tilsvarende klare Krystaller, naar de er rødbrune; de helt sorte kaldes Morioner. Ametyst (af græsk amethystos. = drukkenskabshindrende) er Kvarts, der er farvet violet af Mangan. Ved Opvarmning til 250° bliver den gul og kan da i Udseende erstatte Topas. Citrin, der tidligere kaldtes Guldtopas, er krystallinsk Kvarts og har faaet sin gule Farve ved en Opvarmningsproces.

Rosenkvarts er lyserød Kvarts og i Modsætning til de ovenfor nævnte uden Krystalform. Katteøje er grøngraa Kvarts med fine, parallelliggende Asbestraade (se ogsaa § 20).

Kalcedon bestaar ogsaa af SiO_2 har Vf. 2,65 og forekommer i smukt farvede Varieteter som den røde Karneol, den lysgrønne Krysopras, den rødplettede mørkgrønne Heliotrop, hvis grønne Farve skyldes indlejrede Kloritskæl, mens Pletterne skyldes Jærnforbindelser.

Onyx er en lagdelt Varietet af Kalcedon, og Lagene er skiftevis graa og sorte. Nogle af Lagene er porøse og i Stand til at indtage Farvestoffer, hvilket man undertiden udnytter for at forskønne Stenen. Denne indføres navnlig fra Brasilien. Den maa ikke forveksles med Onyxmarmor (orientalsk Alabast, mexikansk Onyx), der er en Kalksinter, som kun har Farvetegningen fælles med ægte Onyx (§ 215). Agat afviger fra Onyx ved at være udskilt i Hulrum eller Spalter. I første Fald er Lagene krumme, i sidste plane (Baandagat). Bruges til Riveskaale og Signeter. Jaspis er rød, gul eller grøn, uigennemsigtig SiO_2 .

Opal (af græsk opallios = Ædelsten) er amorf SiO_2 med 3—15% Vand, der afgives ved Opvarmning. Vf. 2,2—2,3. Mineralen forekommer i vulkanske Egne som Kiselsinter afsat af varme Kilders kisel-syreholdige Vand, saaledes ved Islands Geisere og i Yellowstonepark (U.S.A.). I de forstenede Skove, der findes ved Kairo og i Amerika, er alle Vedets Porer og Celler udfyldt med Kiselsyre (oftest Opal), saa at Træets Tegning er fuldstændig bevaret. De Former, der bruges som Smykkesten, er oftest lyse, halvgennemsigtige med Regnbuespil, men ogsaa stærkt farvede, røde og blaagrønne Sten forekommer.

Turmalin, et borholdigt Silikat af Al, Fe, Mg, Li, Na m. m. $H = 7$, Vf. 3. Syrefast. Oftest sort; grønne og røde klare Sten bruges til Smykker.

Krysolit er en klar, grøn Varietet af Olivin (§ 16).

Granat har en meget varierende Sammensætning, der kan udtrykkes ved $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe})_3 (\text{AlFe})_2 (\text{SiO}_4)_3$; undertiden indeholder den ogsaa Cr eller Mn. $H = 7$, Vf. ca. 4; Farven er oftest rød, undertiden grøn. Bruges til Lejer i Ure.

Turkis ($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), $H = 6$, blaa med fine, af Brunjærnsten farvede Aarer, indføres fra Iran. En gulgrøn Sten kommer fra Ny Mexiko.

Adular er en klar Form af Ortoklas KAlSi_3O_8 (§ 14). Den er farveløs, men naar den træffes af Lys i en bestemt Retning, faar den et blaalighvidt Skær og kaldes derfor Maanesten. Amazonsten er en uigennemsigtig, stærkt grøn Ortoklas. Labradorit er en uigennemsigtig Plagioklas (§ 14) med metalliske Regnbuefarver. Jadeit og Nefrit omtales i § 16, Lasursten eller Lapis lazuli i § 14.

Malakit ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) $H = 4$, Vf. 4, brydes i Ural, er en vigtig Kobbermalm, men bruges ogsaa til Kunstgenstande, da den har en lysende grøn Farve.

Perlemor (CaCO_3) faas fra Perlemuslingens Skal, er haardt og sprødt med en skinnende lys Farve, der iriserer, hvilket giver det et bølget Udseende. Det spaltes eller saves ud i smaa Plader, der bruges til Indlægning og Nøgleskilte, ofte graveret.

Ægte Perler, der er dannet paa tilsvarende Maade, har Ord for kun at bevare Skønheden, hvis de bæres hyppigt. Muligvis er det Hudens Kogsalt, der virker bevarende; et beslægtet Fænomen kan iagt-tages paa Marmorvæggene i Sneglegangen i det skæve Taarn i Pisa; disse er ligesom glaserede langs det Bælte, i hvilket de er udsat for Hænders Berøring. Nogen kemisk Forbindelse mellem CaCO_3 og Kogsalt er dog ikke kendt.

Rav ($\text{C}_{40}\text{H}_{64}\text{O}_4$) er fossil Harpiks fra Tertiærperioden. $H = 2$, Vf. 1,1. Smelter og brænder let.

II. NATURSTENS EGENSKABER OG PRØVNING.

A. Brugsollraade.

22. Naturstenenes Betydning som selvstændigt Byggemateriale er i Aftagen, fordi Betonen konkurrerer dem ud. Selv i Bjærgene, hvor man har Stenen lige ved Haanden, foretrækker man ved store Ingeniørbygværker at knuse den til Skærver og bruge disse til Beton fremfor at bygge med Stenkvadere, og i Gade- og Vejbygningen fortrænges Stenbrolægningen i stigende Grad af Beton og Asfalt. Grundene hertil er dels det meget Haandarbejde, der er knyttet til Stenenes Brydning, Tildannelse og Indbygning, og som virker fordyrende og forsinkende, dels de Mangler det sammenstykkede Murværk har i Sammenlig-ning med den, monolitiske Beton i Henseende til ilfke blot Vandtæthed, men ogsaa Styrke, navnlig Bøjningsstyrke, som for Betonens Vedkommende yderligere kan forøges ved Armering.

I nlltidigeBygværker bruges Natursten. enten for Udseendets Skyld eller paa 'Omraader, hvor Betonens Styrke, Slidfasthed eller Vejrfasthed' ikke forslaar, 'log det er da navnlig Granit, der finder Anvendelse.

Ogsaa paa det dekorative Omraade fortrænges Naturstenene af Beton og ,andre I(unststensmasser, der ved god Udtørelse kan have en skuffende Lighed)med dem og ofte overgaar dem i Vejrfasthed, mell undertiden skæmmes af ISvin.drevner og Misfarvninger.

Medens Produktionen af Bygningssten saaledes er i Tilbagegang, er Skærve-produktionen stærkt stigende som Følge af den Udvikling, der har været inden- for Beton- og Vejbygningen.

Stenenes Pris afhænger af Vanskelighederne ved Brydning, Bearbejdning og Transport samt af Affaldsmængden. Af Hensyn til Transportprisen er det en Fordel, at Stenbruddet ligger ved Havet eller et sejlbart Vandløb.

B. Vægt.

23. Er Stenens Tørvægt P , StjlenS ydre Rumfang r , Stenens Porerumfang $a \cdot r$ og sættes $r - a \cdot r = r_0$, haves:

$$\text{Vægtfylde: } r_0 = \frac{P}{r} \qquad \text{Rumvægt: } r = \frac{P}{r}$$

I Litteraturen skelnes der ikke altid skarpt mellem de to Begreber, og i saa Fald er det Tal, der opgives, for et Mineral hyppigst Y_0 , for en Bjærgart hyppigst y .

Vægtfylden er altsaa Vægten af 1 cm^3 Stenmateriale uden Porer. Den er for de mest brugte Natursten 2,7—3 g/cm³. Den bestemmes som angivet i § 344 -6. Mineralernes Vægtfylde er meddelt i § 12-21. For forskellige Bjærgarter er fundet:

Basalt	3,30-2,93	Granit	2,90-2,58	Tæt Kalksten	2,84-2,70
Sandsten	2,90-2,59	Tagskifer	2,88	Marmor, Dolomit	2,71

Hvis et Mineral er størknet saa pludseligt, at det ikke er blevet krystallinsk, men glasagtigt, findes Vægtfylden væsentlig formindsket - f. Eks. fra 2,65 til 2,23 hos SiO₂ - fordi Mineralen har haft kortere Tid til at trække sig sammen.

24. Rumvægten afhænger i højere Grad af Stenens Porøsitet end af Mineralernes Art, da disses Vægtfyldte er nogenlunde ens. Meget tætte Sten som Granit og Marmor vejer ca. 2700kg/m³, og det samme gælder de fleste Eruptiver, bortset fra de sortagtige - Basalt o. 19n. - der plejer at være noget tungere. Meget porøse Kalk- og Sandsten kan komme ned paa en Vægt af 1700 kg/m³ og Pimpsten paa 370 kg/m³. Stor Rumvægt tyder altsaa paa Tæthed og deraf følgende Styrke; dell fordyrer Transporten, men er ønskelig i Bygværker udsatte for Sidekræfter (Støttemure, Bro piller) og Opdrift (Vandbygværker). Ringe Rumvægt foretrækkes ved Hvelvinger, Karnapper og bjælkebaarne Mure.

I Styrkeberegninger kan MurværksRumvægt sættes til:

Basalt	Granit, Skifer, Marmor, tæt Kalksten	Sandsten	Kridtsten, Savonnière
3000	2700	2300	2000
			kg/m ³

25. Rumvægtens Bestemmelse sker ved at dividere Stenens Vægt med dens ydre Rumfang, og dette kan maales paa flere Maader.

Er Stenens Form regelmæssig, kan Rumfanget bestemmes ved Maaling med en Skydelære eller - nøjagtigere - som det Vædskerumfang, Stenen fortrænger. Er Formen uregelmæssig, er kun sidstnævnte Metode brugbar. Er Stenen porøs, maa man inden Fortrængningsforsøget fylde Overfladens Porer med Vædsken - Metode (1) og (2) - eller ogsaa maa man bagefter korrigerer for den Vædskemængde der ikke er fortrængt, men indsuget - Metode (3). Har Stenen saa grove Porer, at de ikke kan fasthoide Vædsken, maa de forud fyldes med et egnet Stof som tyktflydende Olie, Skællak eller Paraffin - Metode (5) - ellers er man henvist til at tilदानe et regelmæssigt Prøvelegeme og, maale med Skydelære. Foreligger Materialet i Kornform gaas frem efter § 345.

Rumfangsmaalingen kan ske paa en af følgende Maader:

(1) Stenen vandlagres i mindst en Time og aftørres med et Klæde; derefter bestemmes det Rumfang Vand, den kan fortrænge, hvilket kan ske som angivet først i § 345.

(2) Stenen vandlagres i mindst en Time, vejes i Vandet, aftørres med et Klæde og vejes i Luften. Vægtforskellen i kg er da lig Rumfanget i Liter. Til Cementmørtellegemer kan ikke bruges Vand, men Terpentintolie.

(3) Stenen sænkes ned i Vand, Kvægsølv eller anden Vædske, og den fortrængte Vædskemængdes Rumfang A bestemmes; hvis Stenens Vægt derefter er steget, beregner man det Vædskerumfang ΔA, den har indsuget, hvorefter $r = A + \Delta A$. I Forbindelse med Kvægsølv kan man bruge det i Fig. 25 viste Apparat).

Glaskarret A stilles i den tomme Skaal B og fyldes til Randen med Kvægsølv. En tyk, plan Glasskive C, paa hvilken er fastkittet en Glaslinse, lægges som Laag paa A, hvorved denne kommer til at indeholde en bestemt defineret Kvægsølv mængde, medens Overskuddetsamler Slg i B, hvorfra det fjernes. A stilles atter i B, og Prøvelegemet D (vist rørformet) trykkes ned i Kvægsølvet ved Hjælp af Glaslinsen, indtil der ikke kan uddrives mere Kvægsølv. Det uddrevne Kvægsølv, der har samlet sig i Skaalen B, vejes, og Vægten divideret med Kvægsølvs Vægtfyldte er da lig Prøvelegemets Volumen, der divideret ind i dets Vægt giver Rumvægten.

Har Prøvelegemet Overfladeporer, i hvilke Kvægsølvet trænger ind, indgaar disse Porer ikke i det maalte Rumfang, og hvis Porerne af sig selv tømmes, naar Legemet tages op, kan man ikke bestemme disse Porer's Rumfang. Bliver Kvægsølvet derimod siddende i Porerne, kan Rumfanget findes ved følgende Fremgangsmaade. Naar Legemet tages op af Kvægsølvet, fejes de smaa Kvægsølvkugler, der eventuelt sidder paa Overfladen, ned i A, hvorefter Legemet rystes over B, for at det i Legemet eventuelt indtrængte Kvægsølv helt eller delvis kan falde ud. Derpaa vejes Legemet. Er Vægten steget fra P₀ til P₁ Gram, har Legemet i sine Porer optaget P₁-P₀ Gram Kvægsølv, som burde have været trængt ud af A og over i B, og vejer det i B værende Kvægsølv K₁ Gram, er Legemets Rumfang:

$$R_1 = \frac{K_1 + P_1 - P_0}{13,6} \text{ cm.}^3$$

1) Se E. Suenson: Cementrørs Vandtæthed, Kbhvn., 1930, S. 6.

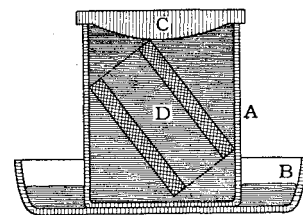


Fig. 25. Rumfangsmaaling.

Hvis man til Kontrol gentager Forsøget og denne Gang finder Vægten K₂ og P₂, haves:

$$R = \frac{K_2 + P_2 - P_1}{13,6}$$

Foretages ialt n Bestemmelser, bliver Middelværdien:

$$R = \frac{\sum_1^n K + P_n - P_0}{n \cdot 13,6}$$

Det er altsaa tilstrækkeligt at veje Legemet før den første og efter den sidste Neddypning. For at undgaa Kvægsølvindugning bør Legemet ved Neddypningen ikke være varmere end Kvægsølvet.

En tilsvarende Maaling kan udføres med Porosimeter (§ 28,3).

(4) En mere raa Bestemmelse kan udføres ved at lægge Stenen i et Kar med kendt Rumfang A og iøvrigt fylde Karret med fine Hagl. Disses Rumfang ΔA bestemmes ved Vejning, hvorefter $r = A - \Delta A$.

(5) Er Porerne for grove til at fastholde Vand eller Kvægsølv, kan man veje Stenen i tør Tilstand og saa fylde Porerne med et af de ovenfor nævnte Stoffer. Derefter gaas frem efter (1)-(4).

C. Porøsitet.

t. Tæthed og Porøsitet.

26. Tætheden er Forholdet mellem Rumfanget af fast Masse ro og Stenens ydre Rumfang r:

$$T = \frac{r_0}{r} = \frac{\gamma}{\gamma_0} \tag{1}$$

Gary har fundet følgende Værdier af T:

Marmor	1,00-0,99	Granit	1,00-0,95	Sandsten	0,97-0,73
Basalt	1,00-0,97	Dolomit	0,99-0,82	Tæt Kalksten	0,97-0,72

For Tagskifer er T = ca. 0,98.

Porøsiteten eller Utæthedsgarden er Forholdet mellem Porerumfanget r - ro og Stenens ydre Rumfang r:

$$\alpha = \frac{r - r_0}{r} = 1 - T \tag{2}$$

ro og r findes som angivet under Vægtfyldte og Rumvægt.

Helt tætte Sten suger ikke Vand. De kan følgelig ikke sprænges af Frost 'og er ikke udsat for interne kemiske Angreb. De bruges derfor til Fundanlenter 'og Sokler og til Vandsbygningsarbejder. Ogsaa Sten til Bordplader i Slagterbutiker og andre Steder, hvor der flyder farvede Vædsker, bør være tætte, da de ellers 'faar 'uafvaskelige Pletter, og de bør forud prøves i saa Henseende.

Porøse Sten har ikke disse gode Egenskaber, men Poreluften virker varmeisolerende (§ 46), og egner de sig til Ydermure i Boliger, idet de bidrager til at holde disse varme om Vinteren og kølige om Sommeren.

Hosstaaende Tabel indeholder Værdier af α for forskellige Stoffer bestemt af H. Kreiigerl). Værdierne i de to sidste Spalter omtales i § 35-6.

	Rumvægt kg/m ³	Vægtfyldte kg/m ³	Porøsitet %	Vandop- tageise %	Selv- mæt- ningsevne
1 Ovedsklostersandsten	2550		7,1	6,1	0,86
2 Ignabergakalksten	1980		27,7	20,4	0,74
3 Haardtbrændt Teglsten, Se = 385 at.	2120	2640	19,8	11,0	0,56
4 Middel, - = 166 -	1780	2720	34,4	28,7	0,83
5 Svagt, - = 122 -	1660	2750	39,6		
6 Savsmujs, - = 41 -	1240	2750	54,8		
7	1620		41,0	30,5	0,74
8 Kalk-Sand-Sten (kunstig)	1900	2640	27,9	23,9	0,86
9 Cementmørtel Normtærning 1 : 3	2120	2690	21,2	12,7	0,65
10 Gasbeton	700	2470	72,0	40,3	0,56
11 Kalkmørteltærning 1 : 3, 1 Aar gl.	1870	2600	28,0	19,1	0,68
12 Gammel Kalkpuds	1680	2570	34,6	25,4	0,73
13 Kalk- } { $\frac{2}{3}$ K : $\frac{1}{3}$ C : 3 S	1750		33,4	24,2	0,72
14 Cement- } { $\frac{1}{2}$ K : $\frac{1}{2}$ C : 3 S	1790		31,9	25,4	0,80
15 Mørtel } { $\frac{1}{2}$ K : $\frac{1}{2}$ C : 3 S	1840		30,3	24,4	0,81

1) Utredning rörande klimatisk inverkan på byggnadsfasader. Stockholm 1923.

Porevidden er mindst lige saa vigtig som Porøsitetens Størrelse. Af to lige porøse Sten vil dell med de fineste Porer som Regel være den bedste Varmeisolator, men samtidig den mindst vejrfaste (Frostsprængning og kemisk Ødelæggelse). Porer, hvis Vidde overstiger 0,05 mm, forringer som Regel ikke Vejrfastheden, men finere Porer og navnlig saadanne under 0,005^{mm} er farlige.

Porernes Art og Fordeling kan man - hvis Stenen er lys - undertiden gøre synlig ved at lagre den tørrede Sten i Alkohol med 4% Nigrosin (et sort Farvestof) i en godt lukket Skaal i mindst 2 Døgn. Naar Stenen derefter tørres og slaas i Stykker, ser man de porøse Steder farvede. Hvis man ogsaa prøver en bearbejdet Sten, ser man Bearbejdelsens Virkning. Spalter og Lagdeling, som ellers er usynlige, kan ligeledes træde frem ved denne Prøve. Nigrosin kan ogsaa faas i en Form, der er opløselig i Vand.

2. Porøsitetsbestemmelse.

27. Man maa skelne mellem sand Porøsitet og tilsyneladende Porøsitet.

Den sande Porøsitet er defineret ved Udtrykket (2) i § 26. Indeholder Stenen lukkede Porer, kan den sande Porøsitet kun bestemmes ved Hjælp af Stenens Vægtfylde, og Stenen maa følgelig pulveriseres. Hvis derimod alle Porer er tilgængelige udefra, kan deres Rumfang maales paa'en af nedennævnte Maader.

Den tilsyneladende Porøsitet kan defineres som Forholdet mellem Rumfanget af aabne Porer og Stenens ydre Rumfang, et Forhold, der, undertiden interesserer mere end dell sande Porøsitet.

Aabne Porers Tilstedeværelse kan let paavises: En Vanddraabe, der falder paa Stenen, vil indsuges; trykkes Stenen mod Tungen, klæber den sig fast ved Haarrørens Sugning; lægges Stenen i Vand, synger den, samtidig med at Luften pibler ud.

De aabne Porers Rumfang kan maales paa forskellige Maader, f. Eks. ved den Vædskemængde, Stenen kan optage (§ 28). Imidlertid er Grænsen mellem aabne og lukkede Porer ikke skarp. Nogle Porer er maaske tilgængelige for Luft, men ikke for Petroleum, andre for Petroleum, men ikke for Vand, atter andre for kogende Vand, men, ikke for koldt. Definitionen er derfor heller ikke skarp.

Undertiden ønsker man at kende den sande Porøsitet, men nøjes med at bestemme den tilsyneladende, fordi det er nemmere, og fordi Forskellell kan være uvæsentlig. Uildder disse Forhold er det bedst at maale Porerumfanget med Luft eller en Vædske med stor Indtrængningsevne som Petroleum eller Sprit. Bruges Vand, kan man koge Stenen i dette og derved befordre Luftinddrivningen. Man kan ogsaa begynde med at suge Stenen lufttom og derefter trykke Vædsken ind i den.

Undertiden er det ikke det samlede Rumfang af aabne Porer, der interesserer, men derimod det Porerumfang, der selv fylder sig med Vand, naar Stenen udsættes for Regn eller paa anden Maade faar Lejlighed til at suge Vand. Dette Rumfang bestemmer man ved at lagre Stenen i Vand af Stuetemperatur, indtil den ikke suger mere (§ 35).

28. Maaling af de aabne Porers Rumfang sker oftest med Petroleum eller Vand, sjældnere bruges Luft.

(1) Petroleum. Først vejes Prøvestykke! - hvis Rumfang passende kan være ca. 100 cm³. i tørret Stand (P₀), derefter mættes det med Petroleum og vejes først i Petroleum (P_{pp}), derefter i Luft (P_p). Den tilsyneladende Porøsitet er da:

$$a = \frac{P_p - P_0}{P_p - P_{pp}}$$

(2) Vand. Udføres denne Prøve med Vand i Stedet for Petroleum, kræves der særlige Forholdsregler for at faa Stenen mættet.

Hvor langsomt et finporet Stof mætter sig med Vand fremgaar af følgende Forsøg med en Skive af brændt Moler - 5 cm tyk og 9,7 cm i Diameter - hvis Overside udsættes for 50 cm Vandtryk. Først efter 2½ Times Forløb kom der en vaad Plet paa Undersiden, 1 Time senere var hele Undersiden vaad, og 20 Minutter senere begynde Drypningen. I de paafølgende 30 Minutter var Strømstyrken (Q: den afdryppede Vandmængde) 0,19 g/Min, og 21 Timer senere var den kun vokset til 0,21 g/Min. Derefter forøgedes Trykhøjden til 100 og 150 cm, hvorved fandtes 0,46 og 0,77 g/Min. Begge Trykhøjder holdtes 1 Time, uden at der var nogen Tilvækst i Strømstyrke fra de første 10 Minutter til de sidste 10. Da Trykketydeligere sattes op til 200 cm fandtes Kurven i Fig. 28, der viser, at Strømstyrken nu stiger raskere. Stigningen skyldes, at Luften uddrives af flere og flere Porer, saaledes at der bliver et større Gennemstrømningsareal for Vandet. Efter 67 Timers Forløb naar Strømstyrken sit Maksimum; at den derefter aftager skyldes, at Skiven virker som et Filter, der efterhaanden tilstoppes. En yderligere Trykforøgelse vilde utvivlsomt have adresseret endnu mere Luft (E. Suenson: Cementrørs Vandtæthed, Kbhvn. 1930, S. 18).

Vandoptagelse ved Kogning. Koger man Stenen nogle Timer eller længere i Vandet og lader den ligge i et Døgn eller længere til Afkøling i dette, bliver Vandoptagelsen væsentlig større, da den meste Luft uddrives ved Kogningen, og da den tilbageværende trækker sig sammen under Afkølingen, hvorved der yderligere suges Vand Ind. Ogsaa ved Kogning foregaar Uddrivningen af den sidste Luftrest meget langsomt. Et lille Rør af brændt Moler, hvis omtrentlige Dimensioner var: Vægttykkelse 9 mm, Vægt 86 g, Rumfang 110 cm³, blev i 12 Døgn holdt under et indvendigt Vandtryk af 200 cm, hvorved dets Vægt steg til 155 g som Følge af Vandoptagelsen. Da det derefter lagdes i Vand, der holdtes kogende om Dagen og stod til Afkøling om Natten, steg Vægten yderligere, og først efter 13 Døgn blev den konstant; Vægtforøgelsen var da 3,7 g (E. Suenson: Cementrørs Vandtæthed, Kbhvn. 1930, S. 47).

Vandoptagelse under Tryk. Endnu fuldkomnere end ved Kogning bliver Luftuddrivningen, naar man tilvejebringer Vakuüm over Vandet, indtil der ikke undviger flere Luftblærer - ikke at forveksle med Dampblærer, hvis Vandet koger - og derefter tilvejebringer 150 at Overtryk.

Efter de tyske Normer skal Stenene først, selv vandmætte sig, som beskrevet i § 35, og derefter lægges i en solid Beholder med destilleret Vand, over hvilket Luften fortyndes, saa Trykket svarer til 20 mm Kvægsølvshøjde. Naar der ikke undviger flere Luftblærer, dog tidligst efter 2 Timers Forløb lukkes Luften atter ind, og Stenene forbliver 2 Timer i Vandet under normalt Lufttryk, hvorefter Beholderen fyldes helt med Vand, der pumpes Ind gennem Beholderens Bund, og hvis Tryk øges til 150 at Overtryk, der holdes i 24 Timer; derefter vejes Stenene.

(3) Luft. Smaalegemers ydre Rumfang og Porerumfang kan maales med et Porosimeter, som vist skematisk paa Fig. 28. I Bunden af Glasskaalen E udmunder et Rør med Kvægsølv, hvis Overflade indstilles paa Nullmærket a. For at finde den tomme Glasskaals Rumfang mellem Mærkerne a og b, indstiller man Flergangshanen D saaledes, at Skaalen samtidig er i Forbindelse med Røret B og den ydre Luft C, hvorefter Kvægsølvet i B indstilles paa Nullmærket c, og Hanen D drejes, saa der kun er Forbindelse mellem B og E. Derefter hæves Karret A 1, saa Glasskaalen med Kvægsølv til Mærket b, og samtidig sænkes Karret A 2 meget, at der vedblivende hersker Atmosfæretryk i Røret B. Kvægsølvoverfladen er da sunket fra c til et Punkt y, der aflæses, og Rørets Rumfang mellem c og y er da lig Glasskaalens Rumfang mellem a og b. Dette Rumfang, der kun skal maales een Gang for alle, kaldes R₀.

Naar man nu vil bestemme det ydre Rumfang r - bedst ca. 8 cm³ - af et Prøvestykke F, lægges dette i Glasskaalen, Laaget paasættes lufttæt, og Kvægsølvoverfladerne indstilles som før paa a og c, hvorefter Hanen D lukkes. Naar man derefter foretager samme Maaling som for den tomme Skaal, finder man et mindre Rumfang R₁, og Prøvestykkets Rumfang er følgelig r = R₀ - R₁.

Prøvestykkets Porerumfang a · r skal derefter maales. Man har a · r + R₁ = L, hvor L er den Luftmængde, der findes i Glasskaalen samtidig med Prøvestykket. Hvis man sænker Kvægsølvoverfladen i a et passende Stykke, kan man forøge denne Luftmængdes Rumfang fra L til L + ΔL, idet man ved samtidig Sænkning af Karret A 2 bevarer den anden Kvægsølvoverflade ved c. Kvægsølvoverfladen d vil da synke et Stykke ΔH svarende til Formindskelsen af Lufttrykket i E, og af Mariottes Lov følger, naar H er Barometertrykket:

$$L + H = (L + \Delta L) + (H - \Delta H) \text{ hvoraf: } L = \Delta L \cdot \left(\frac{H}{\Delta H} - 1 \right) = a \cdot r + R_1$$

altsaa:

$$a \cdot r = \Delta L \cdot \left(\frac{H}{\Delta H} - 1 \right) - R_1$$

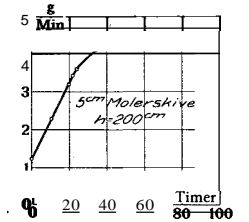


Fig. 28. Strømstyrkens Vækst som Følge af Luftuddrivning.

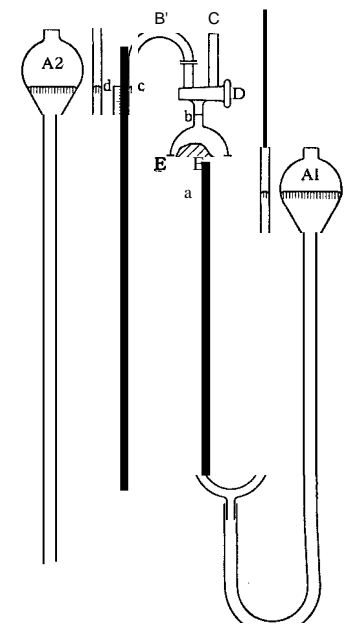


Fig. 28.1. Porosimeter.

Et simplere Apparat, der kun bestemmer Porerumfanget, ikke Legemets Rumfang, er brugt af E. Madgwick¹⁾. Prøvelegemet F (Fig. 28,2) er en cylindrisk Plade 1-5 cm tyk, grundigt tørret. Prøvelegemet lægges mellem to Gummiskiver, der spændes ind mod Legemet ved Hjælp af to Messingplader; Cylinderfladen tættes med Paraffin. Røret B gaar gennem den nedre Messingplade og Gummiskive og forbinder saaledes Prøvelegemets Luft med Apparatets. Naar Prøvelegemet er indbygget, aabnes Hanen D, hvorved Manometrets Kvægsølvoverflader stiller sig ved e og d. Derefter hæves Kvægsølvkarret E, saa Kvægsølv i Glasrøret K stiller sig ved a, og Hanen D lukkes; i Rørsystemet over a og e er da afspærret et vist Luftrum Ro, en Apparatkonstant, der een Gang for alle bestemmes. Den i Apparatet indespærrede Luftmængde er følgelig $a \cdot r + Ro = L$. Man sænker nu C saa meget, at man opnaar en passende Luftfortynding, f. Eks. saa meget, at Kvægsølv søjlen synker fra a til x; samtidig flytter Manometrets Kvægsølv sig til Stillingen z - y. Paa Skalaen E aflæses Rumfanget ΔL mellem a og x, paa Skalaen G aflæses Højdeforskellen h; Størrelsen $\frac{1}{2}h \cdot A$, hvor A er Manometerrørets kendte Tværnsnitsareal, angiver da Formindskelsen af Manometerrørets Luftrumfang, og af Mariottes Lov følger, naar H er Barometerstanden:

$$L \cdot H = (L + \Delta L - \frac{1}{2} \cdot h \cdot A) \cdot (H - h),$$

hvoraf: $L = (\Delta L - \frac{1}{2} \cdot h \cdot A) \cdot \left(\frac{H}{h} - 1\right) = a \cdot r + Ro$

altsaa: $a \cdot r = (\Delta L - \frac{1}{2} \cdot h \cdot A) \cdot \left(\frac{H}{h} - 1\right) - Ro.$

A og Ro bør være smaa, f. Eks. A = 0,06 cm². Ro = 4 cm³.

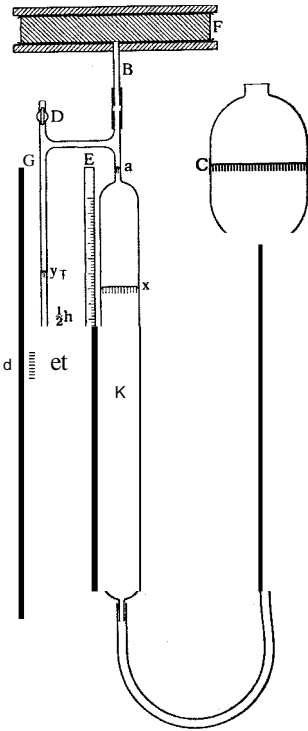


Fig. 28,2. Porosimeter.

D. Luftgennemtrængelighed.

29. En meget porøs Sten kan være meget lufttæt, saafremt Porerne har ringe indbyrdes Forbindelse eller er saa snævre, at Luften møder stor Modstand, men i Almindelighed vil Luftgennemtrængeligheden vokse med saavel Porøsiteten som Porevidden.

Ved at presse Luft under et givet Overtryk gennem en Stenplade af kendt Tykkelse og Porøsitet og maale Strømstyrken, kan man udregne en Middelværdi af Porerne Diameter; til saadanne Forsøg er Vædske for urene. Se E. Suenon: Cementrørs Vandtæthed, 1930, S. 15.

De fleste Natursten er meget tætte, kun nogle Sandsten og Kalksten naar op paa en Porøsitet svarende til Teglstens, og selv en Teglstens. Luftgennemtrængelighed er for ringe til at betyde noget væsentlig for et Hus' Ventilation. Den Luft, der gaar gennem en Teglstensmur, pa'sserer gennem de mangelfuldt fyldte Fuger; hvis Overfladerne fuges eller pudses, forringes Lufttætheden overordentlig stærkt og bliver ret uafhængig af Murtykkelsen, og hvis Pudsen hvidtes²⁾ asfalteres, oliemaales²⁾ eller tapetseres, synker den til næsten. Nul. Derfor er den Luftfornyelse, et Rum faar gennem Murene, af ganske underordnet Betydning i Forhold til den Luftfornyelse, der sker gennem Utætheder ved Vinduer og Døre, og hvis Størrelse ofte svarer til een Gang Luftfornyelse i Timell.

Noget andet er, at Luften i en porøs Mur uden lufttætte Overfladehinder vil strømme ud og ind ved vekslende Barometerstand, Temperatur og Fugtighedsgrad; Muren »aander«; derved fremmes Mørtlens Hærdning og Murens Ud tørring.

I København svinger Lufttrykket i Løbet af et Aar mellem 729 og 782 mm maalt i Kvægsølvhøjde

1) Philosophical Magazine Ser. 7, vol. XII, p. 1155, December 1931.

2) Limfarve er porøsere end Oliefarve (se Byggematerialer II, 1922, § 521) og ogsaa porøsere end visse Tapeter (T.F.T. 1915, S. 186).

(Middeltal for Aarene 1876—1925). Den daglige, Svingning er kun godt 0,4 mm Kvægsølv (Middeltal for 1884-1909) med Maksima Kl. 11 og 22.

Vaade Stoffer er tættere end tørre, og Forskellen vokser med Porerne Finhed.

For en homogen Væg uden tætte Overfladelag har man udledt følgende Udtryk for Luftgennemtrængeligheden:

$$Q = e \cdot \frac{p}{e} \text{ hvori } \begin{cases} Q = \text{Luftmængden i Liter pr. Time og pr. m}^2 \\ p = \text{Overtrykket i kg/m}^2 \text{ paa Væggens Trykside} \\ e = \text{Vægtykkelsen i m} \\ c = \text{Permeabilitetskoefficienten.} \end{cases}$$

Undertiden bruges andre Enheder, og e antager da andre Værdier

Naar Lufthastigheden i Porerne er lille, er c en Materialkonstant, der vokser med Væggens Porøsitet og navnlig med dens Porediameter, men naar Lufthastigheden overstiger en vis Grænseværdi, der afhænger, af Porerne Vidde og Form, kommer der Hvirvler i Luftstrømmen, og Q vokser da ikke længere

proportionalt med $\frac{p}{e}$, men snarere proportionalt med $\sqrt{\frac{p}{e}}$. Bruges Formlen for disse større Hastigheder, aftager e med voksende Lufthastighed. I grove Porer bliver Strømmen turbulent allerede ved smaa Værdier af $\frac{p}{e}$.

Q er naturligvis kun omvendt proportional med e, hvis Væggen er homogen. Bestaar Væggen af to Lag med meget forskellig Tæthed, vil det utætteste Lags Tykkelse have ringe Indflydelse paa Q.

Nogle Værdier af e for Natursten m.m. er angivet i Byggematerialer II, 1922, § 521. Flere Værdier, udregnede paa Grundlag af Forsøg, som Ransch¹⁾ har udført, er sammenstillede i hoesstaaende Tabel.

c er som Regel udregnet for $\frac{p}{e} = 1, 10 \text{ og } 100 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{ID}}$; hvis Grænseværdien for laminar Strømning ligger højere end $\frac{p}{e} = 100$, er den saavidt muligt angivet. Jo mindre gennemtrængeligt Stoffet er, des højere plejer denne Grænseværdi at ligge.

Da enkelte grove Porer i et ellers finporet Stof kan forøge c stærkt, maa man være forberedt paa at to Prøvestykker af samme Stof kan være i ulige Grad gennemtrængelige

	Vandindhold	Rumvægt kg/m ³	Tykkelse cm	Værdier af e for $\frac{p}{e} \left(\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{m}} \right) =$		
				1	10	100
Træuldsplade	lufttør	305	6,1	46300	40000	17000
»	vanddr.			43300		
Letkorkkrummer (3 mm)	lufttør	68	30,0	22700	18000	
do. sammenrystede	»	75	30,0	12900	11000	
Raakorkkrummer (2 mm)	»	86	20,0	6300		
do. sammenrystede	»	109	20,0	5500		
Korkplade	»	145	8,0	880	indtil $p : e = 6$	
»	vanddr.			620	» » = 10	
»	lufttør	268	9,9	160	150	120
»	vanddr.			53	53	45
»	lufttør	113	8,0	50	50	44
»	vanddr.			14	14	13
Skærvesand, løst	lufttør	1650		290	280	250
Cement-Savsmulds-Plade	»	668	6,1	240	240	230
»	vanddr.			0,90	indtil $p : e = 800$	
»	lufttør	1127	4,8	30	30	28
»	»	797	4,7	21	21	20
Gasbetonplade	»			2,3	2,3	2,2
»	vanddr.			3,7	3,7	3,5
»	lufttør	840	9,9	0,44	0,44	0,42
»	vanddr.			12	12	11,9
Bimsbetonplade	lufttør	1050	4,3	8,2	8,2	8,1
»	vanddr.			12	indtil $p : e = 150$	
Tørveplade	lufttør	210	5,6	2,3	2,3	2,1
»	vanddr.			3,0	indtil $p : e = 1300$	
»	lufttør	252	3,9	5,2	5,2	4,6
Cellebetonplade	»	597	7,6	2,3	indtil $p : e = 700$	
»	vanddr.			4,5	4,5 3,2	
Murpuds (1 K : 5 S)	lufttør		2,5	0,29	0,29	0,28
do. hvidtet	»					
Teglsten	»		6,5	0,27	indtil $p : e = 100$	
Rørpuds (1 K : 1/2 C : 5 S)	»		2,0	0,18	0,18	0,17
Netpuds (1 K : 2 C : 5 S)	»		4,0	0,11	indtil $p : e = 150$	

1) Gesundheits-Ingenieur 1928, S. 1; 1934, S.1; Z. VDI 1936, S. 1257.

Et fint Pulver, løst udlagt i et 20 cm tykt Lag, f. Eks. Kiselgur vejende 255 kg/ms, fandtes lufttæt indtil $p = 15 \text{ kgjm}^2$ altsaa indtil $p = 75. e \text{ kgjm}^2$. Om Formsands Luftgennemtrængelighed se §394.

30. Maalemetoder. Et Apparat til Maaling af smaa Prøvelegemers Gennemtrængelighed er vist paa Fig. 30 i en Form, som den navnlig bruges, naar ildfaste Tegsten undersøges ved smaa Trykdifferenser og ved Stuetemperatur.

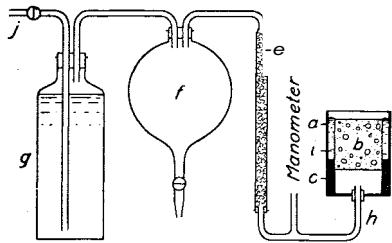


Fig. 30.

Maaling af Luftgennemtrængelighed.

Enden af det cylindriske Prøvelegeme b fæstnes med Segllak i Jærningen c , der er fastgjort i Bunden af Staalkarreta. Derefter fyldes Kvægsølv i i dette, indtil Prøvelegemets Cylinderflade just er dækket. Prøvelegemet er 6 cm i Diameter, Ringens Lysvidde er 6,2 cm foroven, 5,8 cm forneden. Fra Beholderen f presses et kendt Luftrumfang gennem Rørene e og h ud gennem Prøvelegemet, og den Tid, dette kræver, maales med Stopur. Røret e er fyldt med tørrende Stoffer.

Luftrumfanget bestemmes paa følgende Maade: Flasken g fyldes med en Petroleumsmængde, der nogenlunde svarer til Rumfanget af f . Derefter forbindes j 's venstre Ende med en Vandledning. Det i Flasken indstrømmende Vand vil løfte

Petroleummen, der sammen med den ovenstaaende Luft drives over i Beholderen f , i det Øjeblik, den første Petroleumsdraabe falder ned i f , startes Stopuret, og Forsøget begynder. Efter en passende Tids Forløb lukkes Vandhanen, og Uret stoppes. Petroleummen i f tømmes ud og vejes eller maales; dens Rumfang er et Maal for det Rumfang Luft, som i den paagældende Tid er presset gennem Prøvelegemet. Et Manometer paa Ledningen aflæses hvert halve Minut, og Middeltallet for Forsøgsperioden udregnes, hvorefter Permeabilitetskoefficienten beregnes af Formelen i § 29.

Luftens Temperatur maa maales, da Luftens Strømningshastighed vokser med denne.

Et andet Apparat til Maaling af smaa Cylindres Gennemtrængeligheder beskrevet i *Journal or the Society or Glass Technology* 1933, Vol. XVII, TransactionsS. 93 (Vickers).

E. Vandoptagelse og Vandafgivelse.

t. Vandbevægelser i Porerne.

a. Haarrørskraft og Stighøjde.

3 t. Vand kan trænge ind i en Sten paa to Maader:

(1) Under Indflydelse af en i Forhold til Stenen ydre Kraft (Tyngden, Vindtryk, Bølgestryk). En saadan Kraft kan ikke blot føre Vandet ind i Stenen, men ogsaa presse det gennem Stenen, saa det strømmer ud af dennes modstaaende Flade.

(2) Under Indflydelse af Porerne Haarrørskraft. Denne kan kun suge Vand ind i Stenen, kan ikke presse det ud igen; saasnart Poren er fyldt, standser Bevægelsen.

Vandstrengen i Haarrøret virker i visse Henseender som en Elastik, der i spændt Tilstand er fæstnet til Rørvæggen langs de to Cirkler a -- a , der skiller mellem Væggens vaade og tørre Del (Fig. 31); den frembringer altsaa et aksialt Tryk i Rørvæggen paa Strækningen mellem de to Cirkler. Haarrørskraften er knyttet

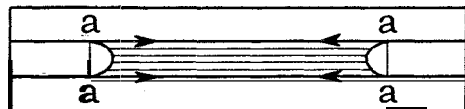


Fig. 31. En Vandstreng i et Haarrør udøver et Længdestryk i dette.

til Vandoverfladens Krumning og forsvinder med denne; suger eller presser man Vandstrøm gennem et fyldt Haarrør, er Haarrørskraften uvirksom.

I Sand og Jord virker Mellemmrummene mellem Partiklerne som Haarrør. En Klump vaad Jord holdes i Luften sammen af Haarrørskraften, idet der i alle Poremundinger forefindes en konkav Vandhinde, der trykker indefter; lægges Klumpen i Vand, flyder den ud, fordi Vandhinderne forsvinder.

Naar en Sten lægges i Vand, er det de fine Porer, der virker som Haarrør og suger, medens Luften undviger gennem de grovere Pore, som Vandet i

Begyndelsen ikke kan trænge ind i, fordi dets Overfladespænding er for lille i Forhold til den udstrømmende Lufts Overtryk. Gennem de grove Porer presses Luften ud til alle Sider, ogsaa nedad; der kan samle sig store Luftblærer paa Stenens Underside.

Naar Grundvandet suges op i en Mur, skyldes det de Porer, der er saa fine, at de virker som Haarrør, og der er kun Tale om disse i det følgende.

Haarrørskraftens Størrelse i et cylindrisk Haarrør er:

$$PH = \pi \cdot d \cdot T \cdot \cos \theta \text{ Gram,}$$

hvor d = Haarrørets Diameter i cm (se Fig. 31,1), T = Vædsken Overfladespænding (g/cm) og θ = Vædskeoverfladens Vinkel med Rørvæggen. Pr. cm^2 Vædskestreng bliver Kraften:

$$\frac{PH}{\frac{1}{4} \pi d^2} = 4 \cdot \frac{T}{d} \cdot \cos \theta \text{ gjcm}^2.$$

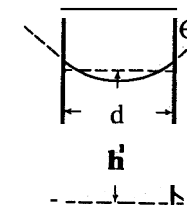


Fig. 31,1.

Er Vædsken Vægtfylde γ , bliver Kraften pr. cm^2 lig med Trykket af en Vædskesøjle med Højden:

$$h' = \frac{4}{\gamma} \cdot \frac{T}{d} \cdot \cos \theta \text{ cm.} \quad (1)$$

Da T aftager med voksende Temperatur i højere Grad end γ , vil h' være større for koldt Vand end for varmt.

Haarrørskraften pr. cm^2 - h' - er omvendt proportional med Porens Diameter; hvis derfor et snævrere og et videre Haarrør staar i Forbindelse med hinanden, vil det snævre fylde sig hejt paa det vides Bekostning (Fig. 31,2). Er der mellem de to Rør indskudt et snævrere (Fig. 31,3), vil Bevægelsen standse, naar Vandspøjlet er naaet ind i dette. Naar to Sten med ulige vide Porer ligger tæt sammen eller er adskilt ved en Mørtelfuge, hvis Porevidde har en Melleinstørrelse, vil dell mest finporede Sten suge Vand fra den anden.

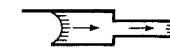


Fig. 31,2.

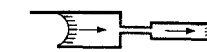


Fig. 31,3.

Ligger Haarrøret vandret, og udgaar det fra et vandfyldt Kar, fylder det sig helt, hvor langt det end er; ligesaa hvis det vender nedad; vender det derimod opad, vil Haarrørskraften kun kunne løfte Vandet saa højt, at den løftede Vandstrengs Vægt er lig med Haarrørskraften, altsaa til Højden h' .

For Vand i et Glasrør er θ næsten Nul, og denne Værdi regner man med ogsaa for Natursten. Sættes desuden $\gamma = 1 \text{ g/cm}^3$ og $T = 0,075 \text{ g/cm}$, svarende til 13° varmt Vand, findes:

$$h' = \frac{0,3}{d}$$

Stighøjden i en Sten bestemmes dog ikke blot af Porevidden, men ogsaa af andre Forhold og navnlig af Fordampningen. Vandet bevæger sig langsomt og fordamper paa Vejen, saa den maksimale Stighøjde bestemmes af Fordampningens Størrelse. Naar Vandet er steget saa højt, at der hver Time fordamper samme Vandmængde, som Muren suger til sig fra Grundvandet, stiger det ikke højere. Derfor træffer man sjældent større Stighøjde end 2 m, men beklædes saadan Mur med tætte Fliser paa begge Sider, kan Fugtigheden stige højere.

Den Rolle, Forholdet mellem Vandtilførsel og Fordampning spiller, fremgaar af Fig. 31,4, der viser, at en Teglsten suger Vandet højest op paa Steder, hvor Fordampningen er mindst. Tilsvarende kan man paa Hus-sokler se, at den Grænselinie, til hvilken de suger Grundvandet op, sænker sig i de liddagaaende Hjørner.

Er Vandet saltholdigt, ændres Overfladespændingen og dermed Stighøjden (§ 124).

Ekspérimentel Bestemmelse af den størst mulige Sugehøjde h' støder paa Vanskeligheder, ellers vilde man af Formlen ovenfor kunne beregne Stenens Porevidde. Vanskelighederne er af forskellig Art; dels plejer h' at være væsentlig større end de Enheder, i hvilke Materialet forekommer, dels kræver Forsøget meget lang Tid, og endelig kan forstyrrende Faktorer gøre sig gældende. Derfor søger man at bestemme h' og d paa andre Maader (§ 32).

Den første af de ovennævnte Vanskeligheder søgte vi i *Laboratoriet for Byggeteknik* at omgaa ved et Forsøg, som skal omtales nærmere, da det ogsaa illustrerer de to andre Vanskeligheder. Der opbyggedes en 150 cm høj Pille af Molersten paa Fladen og med Trækpapir mellem Stenene; disse var halverede, saa Pillens Tværsnit var ca. 11·11 cm. Pillen stod i en flad Vandbakke og var omgivet af et Glasrør, der saa godt som udelukkede Fordampning. En tilsvarende Pille opbyggedes af gule, haandstrøgne Facadesten. Vandets Stigningshastighed fremgaar af Fig. 31,5.

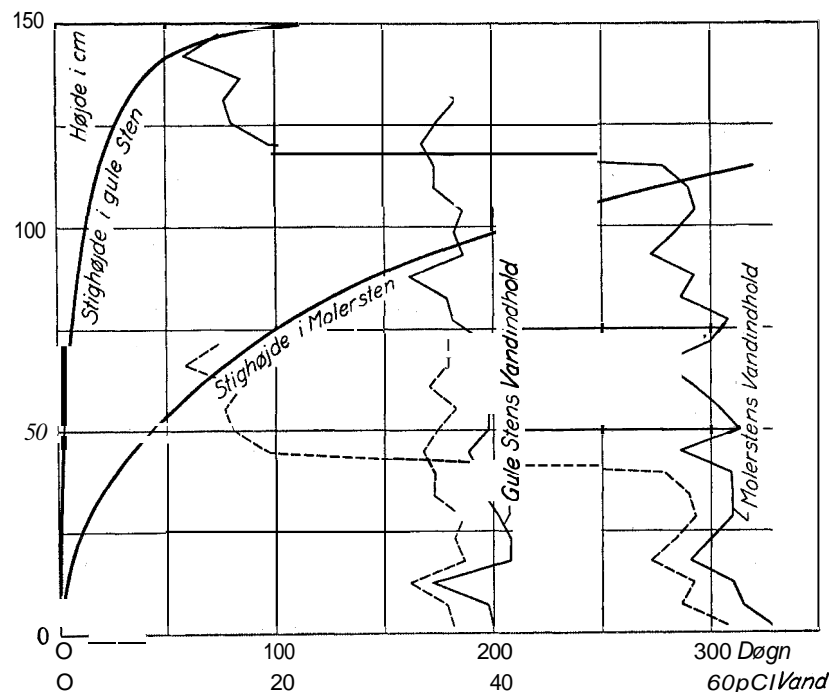


Fig. 31,5. Vands Stigningshastighed i 150 cm høje Piller af Molersten og gule Facadesten med Trækpapir i Fugerne. De optrukne Zig-zag-Linier viser Stenenes Vandindhold ved Forsøgets Afslutning.



Fig. 31,4. Øvre Ende af Teglsten, hvis nedre Ende har været stillet paa frisk Kalkmørtel, fra hvilken Stenen har suget Vandet op til noget over den Højde, som de hvide Saltbuer (Alkalisulfater) viser. Vandet er naaet højest op midt paa Bredsiderne og mindst højt i Kanterne, da Vandet i disse kan fordampe til to Sider. Stenen er fotograferet i tør Tilstand.

I Facadestenspillen naaede Vandet helt til Tops i Løbet af 112 Døgn; havde Pillen været højere, vilde Vandet være steget højere. I Molerstenspillen var Vandet efter 320 Døgns Forløb kun naaet 115 cm op, og Stigningshastigheden var sunket til en saa ringe Værdi, at man afbrød Forsøget ogsaaledes heller ikke for denne Pille fik bestemt den maksimale Stighøjde, som vilde være større end den anden Pillens, hvis den alene ahang af Porediameteren. Den ringe Stigningshastighed kan maaske i nogen Grad skyldes, at der groede Svampe frem paa Molerstenspillens Trækpapir, og at disse Svampes Vandforbrug har hæmmet Vandets Stigning. At den anden Pille holdt sig svampefri er formentlig en Følge af, at de gule Stens Kalkindhold har desinficeret Papiret.

Hver enkelt Sten blev vejlet i tør Tilstand samt umiddelbart efter Forsøgets Afbrydelse, og de stejle Kurver viser Stenenes endelige Vandindhold maalt i Rumfangsprocent; det aftager noget opefter. Kurvernes Zig-zag-Form skyldes Forskelle i Stenenes Porøsitet eller Sugeevne; Stenene mærkedes 1-14 og sammenhørende Stenhalvdele mærkedes a og b ; de indlagdes i Pillen i Ordenen $1a, 2a \dots 14a, 1b, 2b \dots 14b$; naar Zig-zag-Kurvens øverste Halvdel sænkes $\frac{1}{2}$ Pillehøjde - vist punkteret - kommer de sammenhørende Stenhalvdele ud for hinanden, og man ser, at de har opført sig ens.

Det hydrostatiske Tryk i Facader. Hvis det regner paa en porøs Facade, og den mætter sig i hele sin Højde h , mens Haarrørens Sugehøjde kun er h' , vil Porevandet være underkastet et hydrostatisk Tryk, der aftager fra $h-h'$ ved Murens Fod til Nul i Afstanden h' fra Murens Overkant. Lignende Forhold kan være til Stede bag en Granitklædning, hvis der ad en eller anden Vej kommer meget Vand ind bag den f. Eks. fra en utæt Tagrende eller gennem utætte Fuger, og derved kan man forklare, at der undertiden siver Vand ud gennem enkelte Fuger. Det maa dog antages, at dersom Regel vil gaa Luft ind i Muren, hvorved de gennemgaaende Vandsøjler deles; deles de i Strenge af Højde h' , forsvinder det hydrostatiske Tryk helt. Man kan sikre sig mod, at Trykket overstiger en vis Værdi, ved at indlægge vandstandsende Lag f. Eks. for hver Etagehøjde, som det undertiden bruges i amerikanske Skyskrabere.

b. Vandbevægelsens Hastighed i Haarrør.

32. I det følgende er der udledet nogle simple Formler for Vands Bevægelse i Haarrør. Disse Formler giver en vis Orientering, naar man beskæftiger sig med Haarrørsfænomener, men forstyrrende Indflydelser, som f. Eks. at Vandet under Bevægelsen optager eller afgiver Luft, kan meget vel tænkes at spille en større Rolle for Vandbevægelsen end de Faktorer, der indgaar i Formlerne.

(1) Vandet bevæger sig lodret nedad. Fig. 32 viser et Kar med en enkelt lodret Pore i Bunden; Vandstanden h cm forudsættes uforanderlig. Vandet vil da gaa ind i Poren saavel under Indflydelse af Vandtrykket som under Indflydelse af Haarrørskraften.

Vandtrykkets Størrelse er fra først af h cm, og naar Vandet er trængt x cm ind i Poren, er Trykket vokset til $h + x$ cm. Haarrørskraftens Størrelse er, som udledet i § 31: $h' = \frac{4}{\gamma} \cdot \frac{T}{d}$ cm. Den samlede Kraft, der driver Vandoverfladen i Poren nedad, er følgende:

$$h + x + h' \text{ cm.}$$

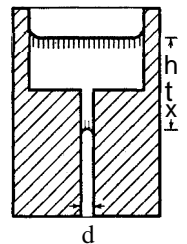


Fig. 32.

Modstanden mod Bevægelsen stammer dels fra Gnidningen, dels fra at Vandsøjlen x har en vis Masse, som skal accelereres, men da Forsøget viser, at den Kraft, der medgaar til Accelerationen, er meget lille i Forhold til Gnidningsmodstanden, ser vi bort fra den. Forudsættes Vandbevægelsen at foregaa langsomt, vil Gnidningsmodstanden fra Porevæggene maalt i cm Vandsøjle være 2): $32 \cdot \frac{\eta}{\gamma} \cdot d^2 \cdot v$, hvor η er Vandets Gnidningstal ($\frac{\text{g sec}}{\text{cm}^2}$) der aftager med voksende Temperatur og ved Stuetemperatur er ca. 10^{-5} , og v er Bevægelsens Hastighed ($\frac{\text{cm}}{\text{sec}}$), altsaa lig $\frac{dx}{dt}$, naar t er Tiden, følgende:

$$\text{Modstand} = \frac{32 \cdot \eta}{\gamma \cdot d^2} \cdot x \cdot \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

1) Se E. Suenson: Cementrørs Syrefasthed, Kbhvn. 1935, S. 212-18.
2) Se E. Suenson: Cementrørs Vandtæthed, Kbhvn. 1930, S. 10.

Er Poren bugtet, skal man i (2) ombytte x med den Porelængde, hvis lodrette Projektion er x . Kaldes denne Porelængde $c \cdot x$, vil c for et ensartet Materiale være en Materialkonstant.

$$\text{Indføres: } C = c_2 \frac{32 \cdot \eta}{\gamma' d^2} \frac{\text{sec}}{\text{cm}} \quad (3)$$

$$\text{ændres (2) til: } \text{Modstand} = C \cdot x \cdot \frac{dx}{dt} \quad (4)$$

C er da en af Stenstrukturen, Vædsken og Temperaturen afhængig Konstant, der vokser med aftagende Temperatur og Porediameter.

Af Ligevægtsbetingelsen:

$$h + x + hf = C \cdot x \cdot \frac{dx}{dt}$$

findes Bevægelsens lodrette Hastighed at være:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{C} \cdot \left(1 + \frac{h+h'}{x}\right) = \frac{1}{C} \cdot \frac{\gamma \cdot d^2}{32 \cdot \eta} \cdot \left(1 + \frac{h+h'}{x}\right) \quad (5)$$

altsaa aftagende med voksende x .

Den Tid, Vandet bruger om at trænge x cm ned i Stenen, findes ved Integration. Er Forholdet $x: (h+hf)$ lille, faas:

$$t = \frac{C}{2} \cdot \frac{x^2}{h} + h' \text{ seco} \quad (6)$$

Er der ikke 1, men n ens Porer, er det samlede Poretværsnit $n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$, og den Vandmængde, der i de t sec er trængt ind i Stenen, er da $Q = n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot c \cdot x$. Kendes Stenens Porøsitet a (§ 26) og dens Tværsnit F , havs: $n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot c = a \cdot F$, altsaa:

$$Q = a \cdot F \cdot c \cdot x = a \cdot F \cdot c \cdot \sqrt{2t \cdot \frac{h+h'}{C}} \text{ cm}^3 \quad (7)$$

ligeledes under Forudsætning af, at $x: (h+hf)$ er lille.

Naar en Stenskiye udsættes for et Vandtryk i Overensstemmelse med Fig. 32, kan man med et simp'elt Apparat maale den Vandmængde Q cm³. der fra Minut til Minut forsvinder ind i Stenen¹⁾, og man finder da, at Q varierer efter en Kllrve som Fig. 32,1; Stenen suger langsommere og langsommere. Det første Knæk i Kurven svarer til, at Vandet i de groveste Porer har naaet Skivens Underside, saa disse Porer ikke suger mere; det andet Knæk svarer til, at samtlige Porer er vandfyldte, Haarrørskraften altsaa helt ophævet; derefter siver Vandet gennem Stenen med konstant Hastighed.

Denne Hastighed er:

$$Q = \frac{\gamma}{C} \cdot a \cdot F \cdot \frac{h+a}{a} = \frac{1}{32} \cdot \frac{\gamma d^2}{\eta} \cdot \frac{a \cdot F}{c_2} \cdot \frac{h+a}{a} \text{ g} \quad (8)$$

hvor a er Stenens Porøsitet, F det vandpaavirkede Skiveareal og a Skivens Tykkelse.

Porevidden kan beregnes af Q , hvis man forudsætter, at alle Porer er lige vide, og at det virkelige Poresystem kan erstattes med et tænkt, hvis Porer forløber i 3 paa hinanden vinkelrette Retninger. Kun $1/3$ af Porerne vil da være lodrette, de

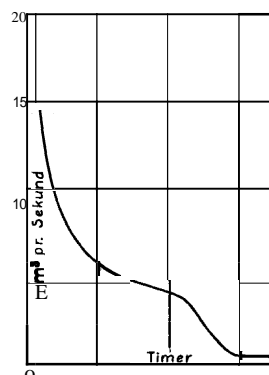


Fig. 32,1. Vands Sivning gennem en Stenskiye.

øvrigt vandrette, saaledes at man i (7) og (8) skal ombytte a med $\frac{1}{3} a$ og sætte $c = 1$. Da C og h' kan udtrykkes ved d , kan d beregnes af (7) eller (8). Bruges (8), findes:

$$d_2 = \frac{Q}{\frac{1}{3} \cdot a \cdot F \cdot h + a} \cdot \frac{32 \eta}{\gamma^2} \quad (9)$$

Formlen viser, at naar Porøsiteten er givet, er Q proportional med d^2 , men indføres $\frac{1}{3} \cdot a \cdot F = n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2$ ses, at naar ikke Porøsiteten, men Poreantallet er givet, er Q proportional med d^4 .

I Virkeligheden har de n Porer uens Vidde, og deres Middelvidde er $dm = (d_1 + d_2 + \dots + d_n) : n$. Denne Værdi kan ikke bestemmes ved slige Forsøg, n uens Porer kan nemlig ikke give samme Q , som n ens, med mindre Porøsiteten ændres. Er $n = 2$, faas ens Q , hvis $d_1^4 + d_2^4 = 2d^4$, og ens a , hvis $d_1^2 + d_2^2 = 2d^2$, og disse to Betingelser er kun forenelige, naar $d_1 = d_2 = d$. Naar a er givet, vil Q blive mindst for $d_1 = d_2$, og den Værdi af d , man beregner af (9), er følgelig større end dm . Bruger man den til at beregne den maksimale Sugehøjde, finder man for Natursten Værdier mellem 30 og 1000 cm, der følgelig maa antages at være mindre end de sande.

(2) Vandet bevæger sig lodret opad. Er $h = 0$, kan Vandets lodrette Hastighed udtrykkes som i (5):

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{C} \cdot \left(\frac{h'}{x} - 1\right) = \frac{1}{c_2} \cdot \frac{\gamma \cdot d^2}{32 \cdot \eta} \cdot \left(\frac{h'}{x} - 1\right).$$

Den vokser altsaa med Porens Tværmaal og Vandets Temperatur, medens den maksimale Stighøjde forholder sig modsat. I en Sten med fine Porer stiger Vandet langsomt, men højt, i en Sten med grove Porer stiger det hurtigere, men mindre højt. Hastigheden er større i en lodret, retliniet Pore ($c \equiv 1$) end i en Proptrækkerpore.

Hastigheden aftager jævnt fra Sugningens Begyndelse, og indtil Maksimalhøjden er naaet; Grunden hertil er, at den løftende Kraft stadig er den samme, medens den løftede Vandstreng bliver tungere og tungere og Friktionsmodstanden større og større. Ved Sugningens Begyndelse er den lodrette Hastighed sjældent større end nogle faa mm pr. Minut.

I *Laboratoriet for Byggeteknik* har vi undersøgt Vandets Stigningshastighed i Molersten og i almindelige Flamsten ved at stille Stenene paa Enden i en lav Vandbakke i Stueluft og maale Stigningshøjden over Bakkens Vandspejl paa forskellige Tidspunkter (Fig. 32,2). Højden kan direkte iagttages, da Stenene bliver mørkere ved Vædning.

Stigningshastigheden ses at aftage stærkt med voksende Højde, men er væsentlig større i Flamstenen end i Molerstenen; dette skyldes, at Flamstens Porer er videre end Molerstens, ikke at de er talrigere, thi Flamstens Porerumfang udgjorde kun 38% af Stenens Rumfang mod 64% hos Molerstenen.

Kurvens Ligning skulde i Henhold til (6) være:

$$x = \sqrt{t} \cdot \sqrt{2h'} : C$$

Gøres Forsøget i vandmættet Luft, eller lakeres Stenens Sideflader, saa Fordampning hindres, findes denne Lov bekræftet, hvad angaar Proportionaliteten mellem x og \sqrt{t} .

Ved et saadant Forsøg kan Porerens Middeldiameter bestemmes uden særlige Forsøgsapparater, thi indføres C og h' i (6) og sættes $c = 1$, findes:

$$d = \frac{x^2}{t} \cdot \frac{4 \cdot \eta}{T \cdot \cos \theta}$$

Denne Værdi af d vil i højere Grad, end den man finder af (9), være Udtryk for dm .

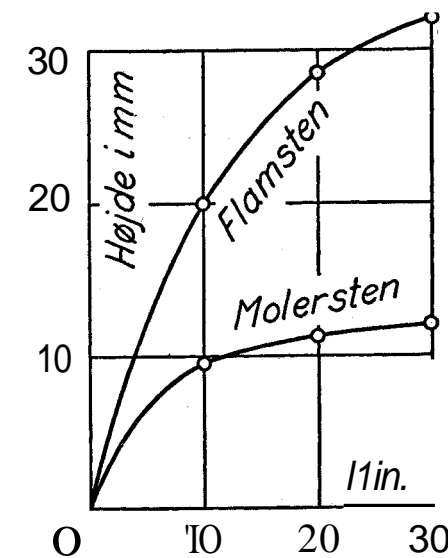


Fig. 32,2. Vands Stigningshastighed i Flamsten og i Molersten.

1) J. M. Londonkongres 1937, S. 366 (Madgwick).

Ved slige Forsøg med Teglsten findes den opsugede Vandmængde P_v i Overensstemmelse med (7) - at være proportional med x ρ : jævnt fordelt over Højden x . I en Kalk-Sand-Sten (kunstig) derimod vokser x hurtigere end P_v ; Vandmætningsgraden aftager opefter. Denne Forskel skyldes, at der mellem Kalk-Sand-Stenens Porer findes nogle, der er saa grove, at de kun kan suges Vandet op til en ringe Højde.

En afvigende Maade at bestemme d paa er at maale det Undertryk, der opstaar i Vandet under en sugende Stenskive, men da de grove Porer suger hurtigere end de fine, findes d for stor.

(3) Vandet bevæger sig vandret. I dette Tilfælde bliver Størrelsen af den Kraft, der driver Vandoverfladen i Poren vandret frem: $h+h'$, og Bevægelsens Hastighed:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{C} \cdot \frac{h+h'}{x}.$$

Da Tyngdekraften er uden Betydning, finder man for alle Værdier af x Udtrykkene (6) og (7).

Hvis man f. Eks. for Teglsten har fundet Haarrørskraften $h' = 95$ cm og $C = 4560$ sec/cm, vil man for en 23 cm tyk Mur af slige Sten (tænkt uden Fuger), der samtidig er paavirket af 150 kgj m^2 Vindtryk (altsaa $h = 15$ cm Vandsøjle) og af Skylregn, kunne udregne, hvor længe det varer, inden Vandet er trængt igennem Muren, idet (6) giver:

$$t = \frac{4560 \dots}{2} \cdot \frac{23^2}{15 \cdot 95} = 11000 \text{ sec} \sim 3,04 \text{ Timer.}$$

Paa dette Tidspunkt standser Haarrørsvirkningen, og derefter vil alene Vindtrykket være virksomt. Holder dette sig konstant, vil den Vandmængde, der presses gennem Muren, kunne beregnes af (8).

Er $a = 0,13$ og $F = 1 \text{ cm}^2$ findes:

$$Q = \frac{1}{4560} \cdot 0,13 \cdot 1 \cdot \frac{15}{23} = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{sec} \sim 0,67 \text{ l/Time pr. m}^2.$$

Naar porøse Pudslag kan hindre kortvarige Slagregnsbyger i at gennemtrænge tynde Teglmure, skyldes det dels, at de dækker over Revner i Fugerne, dels at de magasinerer Regnen, og dels at Pudsmørtelens fine Partikler er suget ind i Murfladens Porer og har tættet disse, saa der er dannet et Grænselag med stor Modstand. Er Pudsen stærkt vandsugende, vil selv grove Svindrevner i den ikke i væsentlig



Fig. 33. Brømmer af Na_2S_04 paa en Betonsokkels Puds, Naar Vandet er steget saa højt, at det er blevet overmættet, udskiller Saltene sig.

Grad forøge Teglstenenes Vandoptagelse, saalænge Pudsen ikke er vandmættet, da Pudsens Sugning holder Revnerne vandfri. Men naar Pudsen har mættet sig, fyldes Revnerne, og Vindtrykket driver da deres Vand ind i Muren.

Naar Regnen suges ind i en Teglstensmur, virker Stødfugerne bremsende. Er de tomme, kan Vandet kun passere dem i Dampform, og er de fyldte, findes $\frac{dx}{dt}$ væsentligt mindre umiddelbart efter, at Fugen er passeret, end umiddelbart før. Der er altsaa en stor Modstand i Fugen, hvilket kan skyldes, at Sandskornene ikke er porøse, og at Stenenes Porer tilstoppes af Kalken, samt at Mørtlen indeholder mange grove Porer, som ikke fyldes af Haarrørskraften.

c. Saltudskillelser.

33. Vandets Stighøjde i Murværk tydeliggøres ofte ved Saltudskillelser, som omtalt ved Fig. 31,4. Naar Grundvandet stiger op gennem en Mur, medtager det Salte fra Jorden og opløser Murens Salte paa Vejen og bliver stadig mere saltholdigt, hvortil ogsaa Vandets Fordampning bidrager; til sidst bliver det overmættet og udskiller da Saltene som en hvid Brømme (Fig. 33).

Hvis der samtidig optræder flere Brømmer over hinanden, kan det skyldes, at Vandet indeholder flere Slags Salte, af hvilke de tungt opløselige udskilles i en ringere Højde end de letopløselige, men Aarsagen kan ogsaa være en anden.

Visse Salte, som Kogsalt, udkrystalliserer, saa snart Opløsningen har naaet Mætningspunktet, medens andre, som Natriumsulfat, først udkrystalliserer, naar Opløsningen har naaet en vis Overmætningsgrad, og dette kan medføre en rytmisk Udfældning, som vist i Fig. 33,1, der stammer fra et Forsøg i Laboratoriet for Byggeteknik. Den laveste Brømme har udskilt sig, da Opløsningen var suget saa højt op, at dens Front havde naaet den kritiske Overmætningsgrad. Ved Saltoverskildets Udkrystallisering synker Koncentrationen til normal Mætningsgrad, hvorved Udskelelserne stopper for først at begynde paany, naar Opløsningen har faaet Tid til at afgive saa meget Vand, at den atter har naaet den kritiske Overmætningsgrad, og i Løbet af denne Tid suges et Stykke op. Da Bevægelseshastigheden aftager med voksende Højde, kommer Brømmerne til at ligge tættere og tættere.

Selv om der kun dannes sig en enkelt Brømme, vil dennes Højdebeliggenhed veksle med Aarstiden og andre Faktorer, der paavirker Vandtilførsel og Fordampning. Naar Saltene paa Puds forsvinder, efterlader de ofte Ar, idet Krystallerne ved deres Dannelse har sprængt Sm'aa dele af Pudsens Overflade. Derfor kan man paa Fig. 33 se talrige mørke Bølgelinier svarende til tidligere, lavere Beliggenheder af Saltbrømmerne.

At Stighøjden i finporerede Stoffer overvejende afhænger af Forholdet mellem Vandtilførsel og Fordampning og kun lidt af Tyngden, fremgaar af Fig. 33,2.

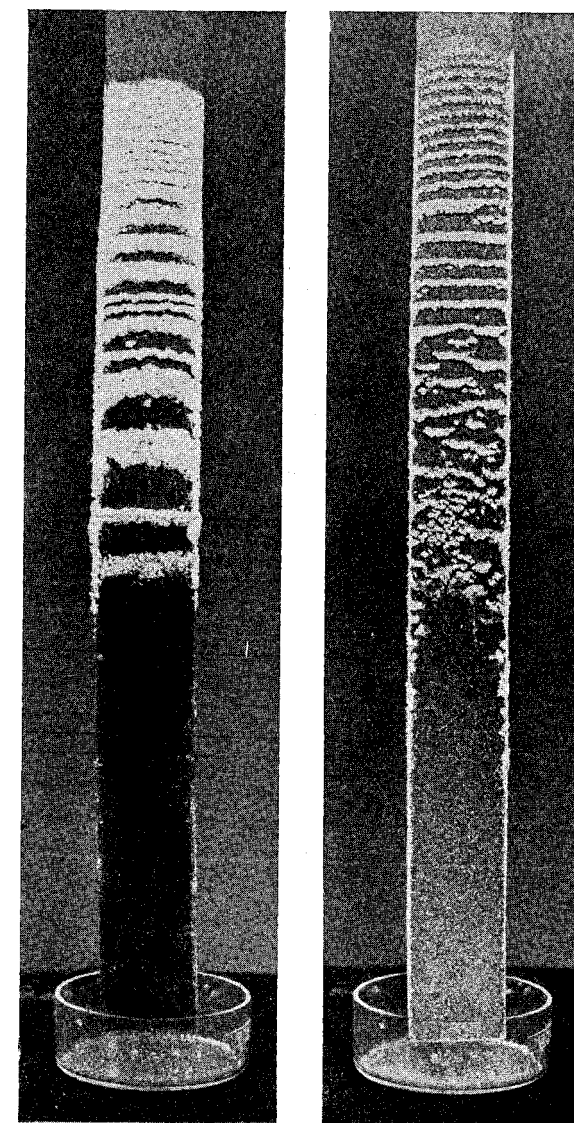


Fig. 33,1. Strimler af sort Trækpapir er ophængt dyppende ned i ulige stærke Opløsninger af Na_2S_04 . Saltet har udskilt sig i Brømmer, hvis Afstand aftager opefter.



Fig. 33.2. Saltringe paa Boulevardbanens Betonstøttemur (København). Gennem enkelte grove Betonporer i de vandrette Støbeskel siver Vandet fra den bagved liggende Jord frem til Cementpudsens, hvor der med Poren som Centrum dannes en vaad Plet, langs hvis Rand Saltene udskiller sig. At Pletten er cirkulær viser, at Vandets Bevægelseshastighed er lidt paa-virket af Tyngden. Saltene fremkommer hvert Foraar og forsvinder helt eller delvis i Løbet af Sommeren og Vinteren.

Vandrette Saltbevægelser, ganske svarende til de lodrette i Fig. 33, foregaar, hvis Murens Indre er vaadere end Overfladen. En nyopført Murs Udtørring skyldes Fordampningen fra dens lodrette Flader, og Saltene slæbes derfor frem til disse; først naar Muren er tør, ophører Transporten.

Naar der paa en gammel Mur, som ikke er i Berøring med Jord, og som derfor normalt vilde være udtørret, fremkommer Salte, skyldes det ny Vandtilførsel, oftest Regnvand, som Facaden suger ind til en vis Dybde, og som i tørt Vejr suges frem igen medtagende de Salte, det har hentet inde i Muren. Saltudvandring af denne Art forekommer navnlig paa Steder, hvor der tilføres Murværket meget Vand, f. Eks. under Saalbænke, hvor al den Regn, der træffer Vinduet, løber ud over Saalbænken og af Vinden føres ind paa

Muren; ligeledes paa fritstaaende Gavlkamme og Murkroner, der er afdækkede med Granit, Beton eller lignende, og hvor Forholdene er tilsvarende. I sidstnævnte Tilfælde er Udslagene ofte særlig kraftige, fordi der ikke tilføres Muren Varme indefra, saa Tørringen sker langsomt.

Andre Former for Saltbevægelser omtales i § 120. Se iøvrigt E. Suenson: Mursalte, Kbhvn. 1941.

d. Vandbevægelser fremkaldt af Fordampning og Temperaturforskelle.

34. Naar en vaad Sten henlægges til Tørring, vil Vandspejlet efterhaanden rykke tilbage fra Overfladen. Det sker hurtigst i de groveste Porer, dels fordi Vandoverfladen i disse er mindst krum og derfor afgiver mest Vanddamp, dels fordi de snævrere Porer med den større Haarrørskraft suger Vand fra de grovere. Standser Fordampningen af en eller anden Grund, vil Vandspejlet i de fine Porer atter rykke frem til Overfladen og Vandspejlet i de grove Porer derfor rykke endnu mere tilbage.

Temperaturforskelle. Hvis en mer eller mindre vaad Mur har en varm og en kold Side, vil Vandet bevæge sig mod den kolde enten som Vædske eller som Damp. Som Vædske flyttes det af Haarrørskraften.

Vandoverfladen i et Haarrørs varme Ende er nemlig mindre krum end Vandoverfladen i den kolde Ende (Fig. 34., og Haarrørs rørradius er derfor størst i den kolde Ende og trækker Vandstrengen mod denne. Som Damp flyttes det, fordi Damptrykket i Porerne aftager fra den varme mod den kolde Side.

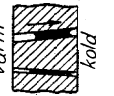


Fig. 34.

En stærk Fordampning fra den varme Murflade vil yderligere rykke Vandets Tyngdepunkt udefter; hvis de vide og snævre Haarrør var uden indbyrdes Forbindelse, vilde Vandstrengene blive staaende som i Fig. 34 og blot blive kortere som Følge af Fordampningen fra deres varme Ende; er de vide og snævre Haarrør forbundne, vil ogsaa flydende Vand kunne flytte sig mod den varme Side ved de fine Haarrørs Sugning, men kun den Mængde, som svarer til den fordampede, saa ogsaa i dette Tilfælde rykker Tyngdepunktet udefter.

Ogsaa Poreluftens Cirkulation kan medføre en Vandbevægelse mod den kolde Side. I en ringformet Pore vil Luften cirkulere som Fig. 34,1 viser; den kolde Luft tilhøjre synker, den varme Luft tilvenstre stiger, og hvis den i vandmættet Tilstand træffer de kolde Porevægge, vil en Del af dens Vanddampe fortætte sig paa disse.

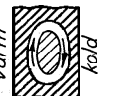


Fig. 34,1.

Om Vinteren vil Fugtigheden i en Boligs Ydermur derfor vokse fra Indersiden mod Ydersiden, naar ikke stærk Sol eller Blæst griber forstyrrende ind.

Kondensering i Murens Indre. Hvis en porøs Mur med aabne Porer har varm fugtig Luft paa Indersiden og tilstrækkelig kold Luft paa Ydersiden, vil Temperaturen et Sted i Muren være saa lav, at de udvandrende Vanddampe fortættes. Kondensvandet opsuges af Stenens Porer, noget vandrer indefter, og paa Vejen fordamper det atter; noget vandrer udefter og fordamper ved Murens Overflade.

Har Muren en lufttæt ydre Overflade, som hindrer Fordampning, vil Vandet akkumuleres bag den, hvorved Faren for Frostsprængning forøges. Beklædes Murens Yderside med en lufttæt og stærkt varmeledende Natursten, uden at den samlede Murtykkelse ændres, vil den Flade, i hvilken den kritiske Temperatur optræder, rykke nærmere til Murens varme Side, men Forholdene iøvrigt være som nys nævnt.

Faren for Vandfortætning i Muren er navnlig stor, naar denne omgiver et Baderum, et Vadskerum eller en Stald - fra et Storkreatur fordamper ca. 7 l Vand pr. Døgn. Kan man ikke ventilere Rummet tilstrækkeligt eller gøre Murens Inderside vandtæt, er det vigtigt, at dens Yderside har aabne Porer, hvilke Vandet kan fordampe.

2. Vandoptagelse og Vandafgivelse.

35. Vandoptagelsesforsøg. Den Vandmængde, en Sten frivilligt indsuger i sine Haarrør (§ 31-2), er i væsentlig Grad karakteriserende for den - Granit indsuger næsten intet, Sandsten ofte meget - og da Prøven nemt udføres, er den meget brugt. Jo mere Vand Stenen indsuger, des porøsere vil den som Regel være. Den paagældende Vandmængde er dog altid mindre end Porerumfanget og ofte meget mindre, f. Eks. er Pimpsten saa godt som ikke vandsugende.

Vandoptagelsen bestemmes ved at tørre Stenene ved 50-110°, indtil Vægten er blevet konstant, og derpaa lagre dem i Vand, indtil de ikke suger mere, hvorefter de tørres med et Klæde og atter vejes. Vandoptagelsen angives enten i Procent af Tørvægten eller i Procent af Stenenes ydre Rumfang.

For at Vandet ikke skal stoppe Porerne, inden Luften i Stenens Indre er sluppet ud, dyppes Stenen i de første 24 Timer kun et Stykke ned i Varidiet, saa at dette suges op ved Haarrørskraften, hvorved Luften lettere kan undvige.

Forsøget udføres undertiden med 7^{cm} Tærninger, undertiden med Stenstykker af tilfældig Form; skal en helt retfærdig Sammenligning foretages, maa Prøvelegemerne være ens (§ 186).

, Tabellen i §.26 indeholder Værdier bestemt paa denne Maade (Rumfalds-procent). Som man ser, afviger demer eller mindre stærkt fra Porøsitetstallene.

Vandlagringstiden blev ovenfor fastsat som den Tid, i hvilken Stenen suger, men i Praksis maa man afbryde Forsøget tidligere, thi der kan gaa lang Tid, inden Stenens Vægt bliver helt konstant. For en meget tæt Tegl-Tagsten fandtes den tilsyneladende Porøsitet at stige fra 0,15 efter 1 Maaned til 0,23 efter 18 Maaneder. Naar Mætningen tager saa lang Tid, skyldes det formentlig, at den indesluttede Luft efterhaanden opløses i Vandet og i opløst Form langsomt vandrer ud¹⁾. Se ogsaa § 28 (2).

Som Regel plejer man dog efter kort Tids Forløb at naa en Værdi, der ikke vokser væsentlig i de nærmeste Døgn, og som er vel egnet til at karakterisere Stenens Vandsugningsevne. For almindelige Mursten af Tegl naas den oftest i Løbet af mindre end en Time, for Kalk-Sand-Sten maaske først i Løbet af det 2' Døgn, og for tætte Natursten endnu senere.

Efter de tyske Normer skal Størrelsen af den neddyppede Del af Stenen være: $\frac{1}{4}$ i 1' Time, $\frac{1}{2}$ i 2' Time, $\frac{3}{4}$ i de følgende 22 Timer, og Vejning skal udføres hvert 2' eller 3' Døgn, indtil Vægten er blevet konstant. Som Regel er dog den daglige Tilvækst efter nogle Døgn Forløb saa ringe, at man ikke behøver at afvente den fuldkomne Mætning, men kan stoppe op efter 1 Døgn delvis Nedsænkning og 3 Døgn fuld Nedsænkning. I Tyskland er ca. 1 Uges Vandlagring almindelig. Om Vandets Temperatur svinger mellem 10 og 30° synes uden Betydning for Vandoptagelsen.

36. Selvmætningsevne. Ved en Stens Selvmætningsevne skal forstaas Forholdet mellem det Porerumfang, der selv fylder sig med Vand, naar Stenen lagres i stuevarmt Vand, og Stenens totale Rumfang af aabne - for Vandet tilgængelige - Porer. Nogle Værdier findes i Tabellen i § 26.

Til Ydermere om opvarmede Huse — i alt Fald til den yderste Skal - er Sten med ringe Selvmætningsevne at foretrække for Sten med stor, naar Forholdene iøvrigt er ens, fordi deres Varmeledningsevne forøges mindre stærkt i Regnvejr.

Selvmætningsevnen er uafhængig af Porøsiteten, men plejer at vokse med Forholdet mellem Mikroporerens Rumfang og det totale Porerumfang.

En ringe Selvmætningsevne tyder paa Vejrfasthed, idet saavel frysende Vand (§ 102) som Krystaller (§ 124,2) har Udvidelsesmuligheder.

Begrebet er indført af *Hirschwald* (Handbuch S. 199), som bestemte Stenens totale Porerumfang ved at vandmætte den under stort Tryk (§ 28,2). Han kalder Forholdet *Mætningskoefficienten*, en Betegnelse, som er mindre karakteriserende.

Selvmætningsevnen bestemmes i England som Vandoptagelsen ved 24 Timers Lagring i stuevarmt Vand divideret med Vandoptagelsen enten i Vakuu eller ved Kogning i 5 Timer og paafølgende Afkøling i Vandet.

1) Se E. Suenson: Cementrørs Syrefasthed, København 1935, S. 212.

37. Udtørringshastigheden er langt mindre end Vandoptagelseshastigheden. Den Vandmængde, en vandlagret Sten optager i Løbet af et Døgn, fordampes maaske først i Løbet af Maaneder. Facadestenen skal helst tørre hurtigt efter Regn, da de i vaad Tilstand er slette Varmeisolatorer og udsat for Frostsprængning og kemiske Virkninger.

Overfladens **Tæthed** er den Faktor, der navnlig bestemmer Udtørringshastigheden. Ved at male eller imprægnere Overfladen kan man formindske Fordampningen til Null). I det følgende forudsættes aabne Porer.

Vandspejlets Beliggenhed i Stenen har stor Indflydelse²⁾. En vandmættet Stens Udtørring begynder med, at der fordampes Vand fra Overfladen, hvorved Vandspejlet trækker sig ind i Stenen og danner en uregelmæssig Flade; det viger først tilbage i de grove Porer, dels fordi Fordampningen foregaar livligst fra disse, dels fordi de fine Porer suger de groves Vand frem til Overfladen. Udtørringen skrider hurtigst frem i Hjørner og Kanter, fordi Forholdet mellem Fordampningsflade og Vandtilførselher er størst. Saalænge Vandspejlet, befinder sig i Overfladen, fordampes der en konstant Vandmængde pr. Tidsenhed, senere sker Fordampningen med aftagende Hastighed; dette skyldes dels, at Vanddampenes Vej til Overfladen bliver længere og besværligere, dels, at Vandet trækker sig ind i finere og finere Porer, hvorved Damptrykket over disses Vandspejl forringes.

Er Stenens Overfladeporer gjort vandskyende ved Imprægnering, kan Vandet i Stenen kun suges frem til Imprægneringsgrænsen, hvilket nedsætter Udtørringshastigheden. Alle de senere omtalte Steniinprægneringsmidler (§38-44 og 148-50) mindsker Fordampningen meget stærkt.

yderluftens Fugtighedsgrad, Temperatur og Bevægelseshastighed spiller naturligvis en stor Rolle, og det samme gælder Poreluftens Bevægelseshastighed. Hvis Vanddampene blot diffunderer i den stillestaaende Poreluft, sker Udtørringen langsommere, end hvis selve Poreluftens bevæger sig og medtager Dampene.

Stenens Struktur er uden Betydning, saalænge Vandspejlet staar i Stenoverfladen, Fordampningshastigheden er da ikke blot konstant, men ogsaa ens for alle Sten, idet Vandet fordampes med samme Hastighed som fra en fri Vandoverflade forudsat at Stenfladen er plan og jævn³⁾. Stenstrukturen faar først Betydning, naar Vandspejlet er rykket ind i Stenen, men saa er dens Indflydelse stor. Af Porerens Vidde og Bugtethed afhænger det, hvor hurtigt Vandet kan slippe ud af Stenen, og hvor hurtigt Vandet i Stenens Indre kan naa frem og erstatte det fordampede.

Stenstrukturens Indflydelse kan man bestemme ved at vandmætte Stenen derefter indsætte den i en Ekssikator over Svovlsyre ved en Temperatur af 20° og ved daglige Vejninger følge Udtørringens Forløb.

Af to Sten med samme Vandoptagelse er den hurtigst tørrende ofte at foretrække.

En anden Forsøgsmaade er at henlægge tørre Stenskiver i Vandskaale paa et saadan Maade, at Vandet kun kan fordampe gennem den vandrette Sten-

1) Ogsaa Saltudskillelser i Overfladen kan hæmme Fordampningen.

2) Se H. Dihrkop: Kunstig Udtørring af Nybygninger, Kbhvn. 1932.

3) Transactions of the Ceramic Society 1929-30, p. 39 (Cooling).

flade, og saa bestemme Fordampningshastigheden. Naar den øvre Stenflade laa 3,5 cm over Skaalens Vandspejl, fandtes hosstaaende Værdier¹⁾, der bl. a. viser, at Vandet vandrer langt hurtigere til Overfladen end gennem Cementpuds.

Naar Luften blæstes hen over Overfladen med Hastighed, en 3,2 m/Sec, fandtes langt større Værdier: Middelbrændt Teglsten 286, Fri Vandoverflade 220, Kalkmørtel 205, Gasbeton 117, Cementmørtel 89, Haardbrændt Teglsten 27.

3. Midler mod Vandoptagelse.

38. Oversigt. Vaade Sten er mere varmeledende og forvitrer hurtigere end tørre og bliver hurtigere snavsede, derfor søger man paa forskellige Maader at hindre Murene i at indsuge Regn.

Et af de bedste Midler til at holde Slagregn borte fra en Mur er Beklædning med Skifer eller lignende, der ikke hindrer den Fugtighed, der fra anden Side trænger ind i Muren - f. Eks. Grundfugtighed - i at fordampe. En tilsvarende Virkning har Beplantning med Vedbend. Et passende tæt Pudslag gør som Regel ogsaa udmærket Fyldest (§ 32), medens Oliemaling og Tjæring under tiden lukker for tæt. Da alle de nævnte Midler har den Fejl, at de skjuler Stenen, har de ringe Værdi for Danmark, hvor ikkevejrfaaste Natursten kun bruges for Udseendets Skyld.

Derfor vilde det være ønskeligt, om man havde Imprægneringsmidler, der forøgede Væjrfaastheden uden at ændre Stenens Udseende, og der falbydes talrige Midler af denne Art, som paastryges eller paasprøjtes og indsuges af Muren, hvis yderste Skal derved tættes mer eller mindre. De Midler, der fortrinsvis anvendes, er uden kemisk Virkning, tilsigter kun at gøre Stenens Overflade vandskyende.

Saadanne Behandlinger virker dog kun forell Tid, maaske i 1 Aar, maaske i 5, sjældent i 10, derefter skal de gentages, hvis Vandtætheden skal bevares. De imprægnerede Sten maa derfor helst besigtiges hvert Aar og nybehandles paa de beskadigede Stedet, og hvis der dertil kræves dyre Stilladser, som Tilfældet ofte er for Facaders Vedkommende, løber Udgifterne op. Derfor er det navnlig Monumenter og Billedhuggerværker, hvis Forvitring man søger at standse paa denne Maade.

Imprægnering taales ikke af alle Sten, fordi den ikke blot hæmmer Tilgang af Vand, men ogsaa hæmmer Fordampningen af det Vand, som forud er i Stenen, eller som trænger ind ad Bagveje eller gennem selve den behandlede Flade. Det er en Kendsgerning, at porøse Sten med tæt Overflade er mere tilbøjelige til Forvitring end porøse Sten, der frit kan »aande«.

Hvis en vandfri Sten forsynes med et varigt, vandtæt Overtræk paa alle Flader, kan Vandet ikke skade den, men disse Betingelser er aldrig til Stede.

Hvis der fandtes et Middel, der gjorde Porevæggene vandskyende uden at

Fordampningsfladens Art	Luftens			Fordampning pr. Time
	Temp.	rel. Fugt.	pr. Time	
Kalkmørtelpuds	20°	40-50%	54	gjm ²
Savsmuls-Teglsten	19°	40-60 »	41	»
Øvedskloster Sandsten ..	18°	do. »	40	»
Middelbrændt Teglsten ...	19°	do. »	33	»
Gasbeton	19°	do. »	21	»
Haardbrændt Teglsten ...	19°	do. »	17	»
Cementmørtelpuds 1 : 3 ..	18°	50-60 »	5	»

fylde Porerne eller gøre dem snævrere, vilde det være IdeHlet; Regnvandet vilde da ikke blive suget ind, hvorimod Stenens Vandindhold vilde kunne fordampe, men et saadant Middel findes ikke. Samtlige Midler virker mer eller mindre porefyldende, og der er derfor Risiko ved at bruge dem, hvis man ikke forud har prøvet deres Virkning paa den paagældende Sten og det paagældende Bygværk. Eet og samme Middel kan virke gavnligt paa een Facade og ødelæggende paa en anden.

Et Middel, der i talrige Tilfælde har virket godt paa saavel Sand- som Kalksten, og som anbefales af Rathgen¹⁾, er en Paraffinopløsning, der sælges under Navnet Lapidensin (§ 42), og som ofte virker forskønnende ved at fremhæve Stenens Farver.

Stærkt porestoppende Midler, navnlig Oliemaling, i mindre Grad Lapidensin, bør kun bruges paa Sten, hvis Fugtighed alene kommer ind gennem den Flade, der behandles. De bør derfor ikke bruges paa Gravsten. Kommer Fugtigheden ogsaa fra Grunden, bør man snarere fluatere (§ 149). Navnlig Sten, der er tilbøjelige til Skorpedannelse (§ 125), bør ikke behandles med porefyldende Midler, i alt Fald kun, hvis Midlet trænger dybt ind.

Selvom Stofferne er farveløse, og selvom det paastaas, at de ikke farver Stenen, er dette kun undtagelsesvis helt rigtigt; i Tidens Løb vil de behandlede Sten oftest faa et noget ændret Udseende.

Midlernes Brug paa Beklædningsstens Bagside omtales i § 139.

Paaføringen sker ved Strykning med Pensel (bedst) eller ved Sprøjtning, og Fladerne skal være rene, rensede for løse Skorper og Korn, meget tørre og helst varme. Kun vandige Emulsioner og Sæber kan bruges paa fugtige Sten. Mindst 2 Behandlinger er nødvendige, og de maa helst ske i Juni—August midt paa Dagen, naar Lufttemperaturen er mindst ca. 15°. Strykning i brændende Sol bør som Regel undgaaes. Mellem hver Strykning bør hengaa 24 Timer; selvom der falder noget Regn i denne Pause skal den ikke forlænges, naar blot Overfladen er blevet helt tør. Strykningernes Antal maa afpasses efter Stenen; naar denne ikke suger mere, bør man stoppe for ikke at faa et skæmmende Overfladelag.

Skal Imprægneringen hindre Sværtning, bør den foretages straks efter Bygværkets Opførelse eller efter en Rensning. Skal den hindre Forvitring, maa Imprægneringen ogsaa helst foretages, mens Stenen endnu er sund.

Imprægneringen kan dog ogsaa standse begyndt Forvitring, navnlig naar denne skyldes Frost. Skyldes den sprængende Salte, har man i visse Tilfælde kunnet hæmme Forvitringen uden først at fjerne Saltene.

Stenens Indre, men en forudgaaende Udludning af disse bør være Reglen, navnlig ved Kunstværker.

39. Imprægneringsmidlerne kan inddeles i 2 Grupper:

(A) Stoffer, der omdanner Stenen kemisk. Disse skal ikke omtales her, i § 148, da de overvejende tjener til at styrke Overfladen; deres tættende Virkning er som Regel ringe.

(B) Stoffer, der ikkepaavirker Stenen kemisk, men hæmmer Vandoptagelsen. Til disse hører:

(a) Stoffer, der overvejende bliver paa Overfladen og danner en Overfladefilm (Oliemaling, Lakker).

(b) Olier, der i højere Grad end (a) trænger i Dybden og enten fylder Porerne, i alt Fald de fine, eller gør Porevæggene vandskyende. Da Olien i Stenens Overflade forsvinder mel' eller mindre hurtigt - og det samme gælder de senere omtalte Stoffer - er en nogenlunde varig Virkning betinget af, at Vædsken trænger et godt Stykke ind. Navnlig tilfinporede Sten bør man som Regel vælge en Vædske, der let indsuges; til Tætning af grovporede Stenoverflader vil et Stof med mere porefyldende Egenskaber maaske være paakrævet.

(c) Voks og Paraffin, der paaføres i smeltet, opløst eller emulgeret Form og virker som (b). Opløsningsmidlet plejer at være Tungbenzin (ogsaa kaldet mineralisk Terpentin, et Destillationsprodukt, der ligger mellem Benzin og Petroleum) eller Benzol. Da Opløsningen foretages under Opvarmning, erstattes de nævnte Stoffer undertiden af det ikke brændbare Methylenklorid (§ 42). Mange af disse Stoffer trænger kun faa For Opløsningernes Vedkommende kan man maaske ved stærk Fortynding forøge Indtrængningsdybden til f. Eks. 12 mm, men samtidig forringes Virkningen stærkt.

Indtrængningsevnen hos disse og andre Vædsker kan i nogen Grad bedømmes ved at maale den Hastighed, med hvilken de opsuges i Trækpapir, og den Højde, hvortil de stiger (§ 42). Samtidig ser man, i hvilken Grad de virker farvende, og om Opløsningsmidlet løber forud for Farvestofferne, saa der dannes Rande. Efter Tørring kan man afgøre, om Papiret er blevet vandskyende, ved at trække en Bækstreg og se, om den holder sig skarp eller flyder ud. Lignende Forsøg kan gøres med Teglstensprismer.

Opløsningen maa ikke paaføres, naar Stenen er meget kold, da Stoffet saa ikke trænger ind, men

1) Ingeniørsvetenskapsakademiens handlingal' Nr. 24 (Kreuger) og Den svenske Statsprøveanstalts Meddelelse 43 (Moje Bergstrom).

1) Merkblatt für Steinschutz, Berlin 1940.

udskiller sig i Overfladen. Man kan bestemme, den kritiske Temperatur ved at stille et Glas med Opløsningen i Isvand og røre kontinuerligt rundt i Glasset med et Termometer, indtil Udskillelsen sker. Den da aflæste Temperatur maa man ikke komne under ved Stoffets Brug.

Enkaustik, et Ord, der er afledt af, det græske Ord for Indbrænding, betegnedes i Oldtiden den "Kunst at overtrække Skrivetavler med smeltet Voks og er senere blevet Betegnelse for al Slags Voksmaleri. I den nyeste Tid bruges Ordet om Stens Imprægnering med smeltet Voks, og en Del moderne Imprægneringsmidler indeholdende Voks eller Paraffin smykker sig nu med Navne afledt af det, selvom Stofferne, ikke paaføres i smeltet Tilstand (§ 42).

(d) Vandige Emulsioner af de under (b) og (c) nævnte Stoffer. De kan i Modsætning til alle andre bruges paa vaade Sten. (e) Andre Stoffer.

Nogle af de Stoffer, der finder Anvendelse, omtales i ovennævnte Orden i det følgende.

40. Oliemaling er et af de bedste Midler, bortset fra at det skjuler Stenen, og det skal ikke fornyes saa ofte som mange af de andre. En vel udført (3 Strygninger) og vel vedligeholdt (2 Strygninger hvert 5' Aar) Oliemaling kan fuldstændig hindre Vandindtrængning i en Facade, men bliver Hinden utæt som Følge af mangelfuld Vedligeholdelse, eller kommer der ad anden Vej Vand ind bag den, vil den kunne foraarsage Frostsprængninger, fordi den hindrer Fordampning, saa Stenens Fugtighed fortætter sig paa Hindens Bagside. Fra Wiens Sandstensbygninger har man daarlige Erfaringer, og nu om Stunder vil man næppe oliemale Kunstværker.

Inden Malingen bør Stenen mættes med Linolie.

Ved Bygningen af Stockholm Slot blev Sandstensfacaderne efter Tessins Anvisning strøget med Linolie og derefter oliemalede med Blyhvidt. Ved et senere Restaureringsarbejde lod man de nyindsatte Sten forblive ubehandlede og fjernede samtidig Malingen fra en Del af de gamle ubeskadigede Sten. Ved den følgende Restaurering ca. 25 Aar senere var de nye Sten mere forvitrede end de gamle, hvilket man forklarer ved, at Forvittringsprocessen overvejende har været af kemisk Art, og at de tilbageværende Rester af Maling har virket beskyttende. Af denne og andre lagtagelser har man i Sverigeslutet, at selv en mangelfuld Oliemaling modvirker kemisk Forvitring, og at en fejlfri Oliemaling udelukker Frostsprængning medens man intet sikkert ved om en mangelfuld Oliemalings Virkning paa Frostfastheden.

Celluloselak bruges i de senere Aar en Del til Overfladebehandling af Marmor og Kunststen, som derved faar en glansfuld Overflade, og det synes, som om Virkningen holder sig længe. Der, bruges et tyndt, næppe, synligt Overtræk. Ogsaa Kunstharpikser finder Anvendelse.

Zaponlak bestaar af Celluloid (Filmalfald) opløst i Amylacetat eller Butylac,etatacetone og danner et Overtræk, der straks er vandtæt, men snart faar Mikrorevner, og Stenen suger da paany. Stryger man den vandsugende Flade over med Amylacetat, der opløser Lakken, bliver Fladen atter vandtæt for en Tid.

41. Linolie og andre tørrende Olier uden eller med Harpikstilsætning skjuler ikke Stenen, men gør den lidt mørkere. Olie egner sig derfor ikke for hvide Sten (§ 42). Manglen af Pigment gør Laget mindre vandtæt end Oliemaling, men muliggør, at Olien kan trænge 10—15 mm ind i visse Sten, saa Virkningen ikke som ved Oliemaling udelukkende er knyttet til en Overfladehinde, der efterhaanden forsvinder. Ved Oliebehandlingen forbliver de grove Porer aabne, saa Vand i Stenen har Mulighed for at fordampe, medens Vandindsugningen forringes stærkt, fordi Olien fylder de fine Porer. Paa forskellige tyske Sandstensbygninger har man med Held bekæmpet Forvitringen ved Oliebehandling, dog synes Erfaringerne udelukkende indhøstede paa Sten, der forvitrer som Følge af Vandets fysiske Virkninger (Frost samt Svind og Svulmning), ikke paa Sten, der danner Gipsskorper (§ 126) eller angribes kemisk. Pigmentmanglen befordrer Oliens Iltning, hvorved den omdannes til et skørt Stof (*Byggematerialer I*, 1920, § 526), saaledes at Behandlingen maa gentages hyppigere end Oliemaling.

Er Stenen begyndt at forvitte, bør alt løst Materiale fjernes, inden Olien paaføres, hvis man ikke derved tilintetgør Kunstværder. I kunstværker bør behandles uden foregaaende voldsom Rensning, da der er Mulighed for, at Oliens sammenbindende Virkning kan standse eller hæmme Forvitringen.

Olien bør være lys og syrefri uden Tilsætninger. Den skal helst paaføres varm. Bruges den kold, og er Stenen tæt, bør man fortynde med *Sangajol*¹⁾. Der stryges saamange Gange (4—6), at Stenen ikke mere suger den ind; disse Strygninger foretages uden mellemliggende Tørrepauser, men man har med Held anvendt en Ekstrastrygning 4—6 Døgn senere. En overvættes rigelig Strygning kan give Stenen et ferniseret Udseende og faa den til at fastholde Snavs, Ulemper, der kun plejer at holde sig nogle Aar og ikke er iøjnefaldende, hvis Stenen kun ses paa stor Afstand. Den behandlede Stenoverflade er i Begyndelsen vandskyende; senere, naar den yderste Oliehinde er forsvundet, viser Stenen sig vaad efter Regn, men den dybere liggende Olie vedbliver at virke i længere Tid, saaledes at Vedligeholdelsen kan indskrænkes til en enkelt Overstrygning hvert 5' Aar efter forudgaaende Rensning. En Efterbehandling med Enkaustin (§ 43) gør Fladen mere vandskyende, men til Gengæld uimodtagelig for en ny Linoliebehandling indtil Enkaustinlaget er forsvundet. Se iøvrigt Den danske Statsprøveanstalts Beretning 1908, S. 3 og *Zentralblatt der Bauverwaltg* 1929, S. 37 (*Zahn*) samt *Der Bautenschutz* 1935 og 1936.

Kinesisk Træolie har den Fordel fremfor Linolie ikke at frembringe en skinnende Film.

Paratect er en tørrende Olie indeholdende Aluminium-Magnium-Palmitat.

Mineralolie bruges ofte til Marmor, men Virkningen varer kun $\frac{1}{2}$ Aar.

42. Paraffin og Voks har den Fordel fremfor Linolie, at de ikke ilter sig, og de paavirkes ikke af Syre, men de mangler Linoliens Indtrængningsevne. De kan enten paaføres i smeltet Tilstand eller opløst i flygtige Stoffer (§ 39), og de gør Stenen vandskyende i kortere eller længere Tid, undertiden kun i faa Maaned. Virkningen er kortvarigst paa stærkt soledede Facader, maaske fordi Stoffet suges bort fra Overfladen; Linolie virker længere saadanne Steder, da den hærdner i Overfladen.

1) Et Destillat af Jordolie fra Borneo; bruges ved Lakfabrikation; koger ved 160-70°.

Smeltet Paraffin virker stærkt og længe. Kleopatras Naal i New York blev opvarmet og strøget med smeltet Paraffin. Indeholdende lidt Kresosol for at hindre Begroning. Meget grovporede Sten vil næppe kunne fastholde Paraffinen i Solvarme.

Paraffin opløst i **Benzin** (10% Paraffin + 90% Benzin) er et billigt Middel, der tætter grov- og midelporede Sten godt; til finporede Sten anbefales Iblanding af noget kinesisk Træolie. Szerelmey Stenvædske er det originale Fabrikat, der har Navn efter Opfinderen, en østrigsk Ingeniørofficer, og har været brugt Siden 1829, i England Siden 1855 (Parlamentsbygningen), oftest med godt Resultat.

Lapidensin er et tysk Fabrikat svarende til Szerelmey; Paraffinet er opløst i Tungbenzin. Til hver Strygning medgaa ca. 1 *lmm*², og der stryges 3 Gange; Prisen er ca. 60 Øre/l. Vædsken er særlig egnet for Sandsten (§ 38); den trænger et Stykke ind i Stenen og fremhæver dens Farver - se f. Eks. Rølighedsvej 1 i Kbhvn. - og den gør Overfladen vandskyende, saa Regnvandet løber af som af en Rude. Virkningen synes undertiden at kunne holde sig i 5-10 Aar. Vædsken kan bruges til alle porøse Stoffer, ogsaa Træ.

Ved en Undersøgelse i *Laboratoriet for Byggeteknik* fandtes Lapidensin at have Vægtfylden 0,80. Vædskens Vægttab ved Henstand i en flad Skaal var:

Temperatur C°	17,5°	25°	50°
Døgn efter Ophældning	1 3 6 11	14 17 20	21 24 26
Vægttab %	16 18 20 26	47 51 56	73 74 74

Indholdet af fast Stof er altsaa ca. 26%; det begyndte straks at udskille sig som store lyse Fnug; efter 6 Døgn var Vædsken endnu flydende, efter 11 Døgn var den størknet, men da Temperaturen øgedes til 25° blev den atter flydende, efter det 17' Døgn var den atter størknet; ved 50° smeltede den paany delvis, og efter det 24' Døgn varden omtrent størknet.

Den Hastighed, med hvilken Stoffet sugedes op i Trækpapir, var ved 180:

	Min.	Timer	Døgn	Mdr.
Tid	5 15	3 $\frac{1}{2}$ 20	2 5 8	2
Opsugningshøjde mm	29 42	44 44	49 49 49	51

Den nederste Del af Papiret blev gennemskinnelig; Højden af denne Del var efter 2 Døgn 41 mm og voksede ikke yderligere; højere oppe var Papiret blot misfarvet. Et tilsvarende Forsøg afbrødes efter 2 Døgn; den gennemskinnelige Del var, da 38 mm høj; efter Tørring, tegnedes en Tuschstreg paa langs af Papiret, og den flød ikke ud paa de nederste 50 mm; naar denne Del klippedes af og lagdes i Vand optog den 38 mg/cm², medens en uimprægneret Strimmel optog 68.

Et lignende Forsøg udførtes med smaa Stænger med ca. 1 cm² Tværnsnit udskaarne af en gul Teglsten; Imprægneringen udførtes ved, at deres ene Ende flade i Løbet af $\frac{1}{2}$ Time holdtes i Berøring med Lapidensinoverfladen uden at gennembryde denne. Efter 48 Døgns Tørring paa et Varmeapparat, trykkes denne Ende 1 mm ned under en Vandoverflade, hvorved den viste sig vandskyende og kun optog 4 mg.

Fluralsil **St**, der fremstilles i Danmark, er Paraffin opløst i Tungbenzin. Under samme Navn sælges en Emulsion. Ogsaa Novexin er dansk. Neodurool er en Opløsning af ca. 4% Paraffin i Tungbenzin.

Lithurin E er Paraffin opløst i Methylenklorid (§ 39).

Arbagit og Piuviol er Paraffin opløst i Benzol. Opløsningen er stærkt gul.

Enkaustik indeholder Paraffin, Voks og Paraffinolie og danner en Overfladehinde, der er tilbøjelig til at faa fine Svindridser, gennem hvilke Vandet trænger ind og foraarsager Forvitring. Impenetra (skotsk!) er formentlig en Opløsning af Paraffin eller Voks. Den kan stryges paa Sten, der tidligere har været otlebehandlet. Aqualac (fra samme Firma) bruges forud for Impenetra, naar Stenene er vaade. Kan ikke paaføres ohebehandlede Sten. Thornithol er et dansk Voks-Paraffin-Præparat.

Bivoks bruges navnlig til hvidt Marmor - Monumenter og polerede Plader - der skæmmes af andre Imprægneringsmidler. Til hroget Marmor kan bruges Olie (§ 109). De vigtigste Former er følgende: Bivoks opløst i Xylol stryges i opvarmet Tilstand paa den helst varme Sten (§ 109). Midlet anbefales af Rathgen; det samme gælder Bivoks emulgeret med Benzin (§ 43). Bivoks opløst i Terpentin beskytter polerede Marmorplader udendørs. De bones 1 eller 2 Gange aarligt. Smeltet Voks blandet med noget Harpiks og Olie bruges ved den saakaldte enkaustiske Behandling. Massen paaføres Stenen og opvarmes derpaa med en Loddelampe. Metoden har været brugt i München af Dr. Schmid siden 1926, og man mener, at Virkningen vil holde sig længe. Paa Sten med dolomitisk Bindemiddel har man dog fundet, at Vokslaget sprængtes af udbloomstrende Bittersalt.

43. **Emulsioner** (§ 333) kan, hvis Emulgeringsmidlet er Vand, stryges paa fugtige Sten, men de trænger ikke i Dybden, og Overfladelaget samler Snavs.

Linolieemulsioner sælges under forskellige Navne f. Eks. Enkaustol.

Enkaustin er en Paraffin-Emulsion med 35% Paraffin - de almindelige Paraffin-Opløsninger indeholder højst 10% - der bedst sprøjtes paa og derefter glatte med Pensel eller duppes (ved Behandling ru Puds). Behandlingen er bestemt for Natursten, Teglsten og Puds; Puds, der er malet med Kalk-, eller Kaseinfarver, kan ogsaa behandles og taaler derefter Afvaskning. Holdbarheden er

Aar. Under samme Navn sælges en Paraffinopløsning. Enkaustin kan bruges ovenpaa Linolie (§ 41). Bivoks emulgeret med Benzin eller Petroleumsaeter - der er flygtigere - regnes for et af de bedste Midler til Caramarmor, men Behandlingen maa gentages aarligt eller i alt Fald hyppigt.

¹⁾ Bureau of Standards, Journal of Research 1935, S. 317 (*Kessler*). Indhold til svenske Forsøg virker Paraffinopløsningen nedsættende paa Øvedsklostersandstensens Frostfasthed, og det samme gælder en Blanding af Paraffinolie, raa Linolie, Petroleum f. m.

Bituminøse Emulsioner, der normalt er sorte og derfor uanvendelige, fremstilles nu med forskellige Farver og menes at være virksomme. De kan stryges paa fugtige Sten. Strygningen maa gentages med nogle Aars Mellemrum.

44. Andre Midler af kendt- eller ukendt Sammensætning:

'Testalin er to Vædsker, der paastryges efter hinanden: (1) en Opløsning af Oliesæbe i Alkohol, (2) en vandig Opløsning af eddikesur Lerjord. De omsætter sig med hinanden til dels eddikesure Alkalier, der hurtigt opløses og bortskylles af Regnen, dels uopløselig olesur Lerjord, der baade fylder Porerne og gør dem vandskyende. Behandlingen egner sig ikke for Marmor, kun for Sandsten. Ved Bygningen af Hamburgs Raadhus blev der foretaget Prøver, der viste, at Imprægneringen gjorde Stenen vandtæt, frostfast og forøgede Haardheden, uden at Udseendet led Skade. Den forhindrer Plantevækst. Behandlingen maa gentages oftere end Behandling med Linoliefernis.

Aluminiumstearat opløst i Triklorætylen ($C_2H_2Cl_4$) har været brugt til Christianskirkens Taarn (Christianshavn) i 8%ig Opløsning. Naar Opløsningsmidlet fordamper, sætter Stearat sig paa Porevæggene, som derved bliver vandafvisende, uden at Stenen, farves. Opløsningsmidlet kan ogsaa være Tetraklorkulstof (CCl_4); dette er brugt i det danske Imprægneringsmiddel Hempalit. Saavel Stearatet som andre Aluminiumsæber har Ord for at stoppe Porerne mindre stærkt end Paraffinpræparaterne, men ogsaa for at have en mindre varig Virkning. Tetraklorkulstof angriber ikke Bly, Tin og Zink, men Jærn, Kobber og Aluminium, og i Tilstedeværelse af Jærndanner det sammen med Vand CO_2 og HCl ; Triklorætylen angriber ikke Jærn, Kobber, Bly, Tin og Zink; Stofferne er ikke brændbare.

Conservado er en farveløs Vædske, der stryges eller sprøjtes paa alle Slags porøse Sten og Pudsflader som Beskyttelse, mod, Slagregn. Porsal er et vandskyende, farveløst Strygemiddel, der bruges til alle Slags Natur- og Kunststen, Teglsten, Mørtel og Beton. R. I. W. Toxloxpore svarer til Porsal og de tilsvarende. Cementa Fluat X er en dansk, vandklar Vædske, som kun paastryges 1 Gang. Den gør Fladen vandskyende. Strygningen skal udføres i Solskin og paa en helt tør Flade.

F. Forhold overfor Varme og Elektricitet.

1. Ledningsevne m. m.

45. Varmefylde og Varmekapacitet. Naturstenenes Varmefylde - det Antal Varmeenheder (Kilogramkalorier), der medgaar til at opvarme 1 kg tør Sten 1° er, som det fremgaar af hosstaaende Tabel, af samme Størrelse som Teglstens, nemlig ca. 0,2¹⁾, og da Naturstenene er tungere, bliver deres Varmekapacitet - det Antal Varmeenheder, der medgaar til at opvarme 1 Liter af Stenen 1° større. Regnes der med de i Tabellen indførte Rumvægte, findes de anførte Værdier af Varmekapaciteten (= Varmefylde · Litervægt).

Der kræves altsaa flere Varmeenheder til at opvarme 1 m³ Murværk, naar det er af Natursten, end naar det er af Teglsten.

46. Varmeledningsevnen maales ved Varmeledningstallet λ , som er det Antal Kalorier (kgO), der i 1 Time gaar gennem 1 m² af Stenen, naar denne er 1 m tyk, og naar den kolde Side er 10 koldere end den varme.

λ afhænger navnlig af Stenens Porøsitet, og da denne kan variere stærkt indenfor samme Stenart, gælder det samme for λ . Linierne paa Fig. 46 forbinder de Yderværdier, man finder for λ for tørre Sten ved Stuetemperatur. For Granit og Marmor ses λ at være 3-4 Gange saa stor som for en Teglstensmur, og Mure af nævnte Sten maa derfor være 3-4 Gange saa tykke som Teglstensmuren for at yde samme Beskyttelse mod Varmetab. Da Naturstenene desuden har større

1) Denne Værdi fandt Mallet for Granit, Diabas, Dolomit, Marmor, Skifer. Værdier udenfor Grænserne 0,18-0,23 er sjældne; for Serpentin er fundet indtil 0,28.

Varmekapacitet og er langt dyrere pr. m³, bruges de ikke i Mure om opvarmede Rum undtagen som Beklædning (§ 261). Bedst egnet til Beboelseshuse er porøse Kalk- og Sandsten med ringe Selvmætningsevne (§ 36). Naar Porøsiteten er givet, vokser λ med Porevidden.

Naar man føler paa to Sten med ens Temperatur (lavere end Haandens) og lige glatte Overflader, vil den, der føles koldest, have den største Ledningsevne (Byggematerialer II, 1922, § 469).

Stor Rumvægt tyder paa ringe Porøsitet og derfor paa stor Ledningsevne. Kalkstens λ kan stige 37%, naar Rumvægten stiger 20%. Naar porøse Sten er vaade, er deres λ væsentlig større end angivet i Fig. 46. For en brudfugtig Sandsten fandtes λ at være 30% større end den Værdi, som fandtes efter 6 Maaneders Udtørring. I vandmættet Tilstand har Granit, Gneis, Marmor og Kalksten omtrent ens Ledeevne. Lagdelte Sten som Gneis og Skifer bortleder Varmen indtil 3 Gange saa hurtigt i Lagenes Retning, som vinkelret paa disse, hvilket bl. a. viser sig ved den Temperatur, man træffer i Bjærgene ved Tunnelbygning.

λ vokser med Temperaturen; for porøse Kalksten fandtes λ at være 10% større ved 25° end ved 0°.

Udstrålingstallet C for mørke Varmestraaler (Byggematerialer II, 1922, § 481) er for de fleste Natursten 4,2-4,8, uafhængig af Farven og kun lidt større for ru Flader end for glatte. F. Eks. har man fundet: Slebet Basalt 4,6, poleret Marmor 4,6-4,2, poleret Serpentin 4,5. De langt mindre Tal, man træffer i Litteraturen, stammer formentlig fra forældede Forsøgsmaader.

Refleksionstallet for Solstråler $R = 1 - \frac{C}{4,6}$ vokser med Farvens Lyshed. For hvid Kalksten og hvidt Marmor har man fundet $R = 0,56-0,67$, for rødlig Granit 0,45.

47. Dugdannelsen. Naturstenenes store Varmeledningsevne og Varmekapacitet kan medføre en generende Dugdannelsen, naar Luftens Temperatur er højere end Stenens. Naar Bølgemure af Natursten ikke varmeisolerer, viser det sig saaledes ikke blot, ved Brændselsforbruget, men ogsaa ved, at Murens Inderside holder sig saa kold, at Fugtigheden i Stuenes varme Luft fortættet sig paa den som Dug, som den tætte Sten ikke kan indtage - Muren »sveder«. Se § 261-2.

I Teglstensmure med Naturstensklædning kan der ske Dugdannelsen inde i Muren paa Naturstenenes Bagside (§ 34). Vil man hindre Naturstenen i at indtage dette. Vand, kan man asfaltere dens Bagside. Hvis kun enkelte Dele af Facaden er beklædt, kan man undertiden se, at Fortætningsvandet holder de tilgrænsende Teglsten fugtige og fremkalder Udblomstringer paa dem.

Naar Lufttemperaturen skifter, fra Frost til Tø, kan Granitbrostens Overflade blive overtrukket med et Islag, og Granit i en Facade med Vand eller Rim, som senere smelter; findes Stenen som Baand i en Teglstensfacade, bør Teglstenene beskyttes mod Smeltevandet ved vandafledende Kobberlister.

48. Elektroledningsevnen synes at være næsten Nul for alle Sten, saafremt de er vandfri. Henlægges saadanne Sten i Stueluft, vil de efterhaanden optage Fugtighed, uden at Ledeevnen derved vokser i væsentlig Grad; først naar Fugtighedsgraden overstiger et vist kritisk Punkt stiger Ledeevnen stærkt og i ulige Grad for de forskellige Stenarter, saaledes at disse i fugtig Tilstand har forskellig Ledeevne. Man maa antage, at den første Fugtighed bindes paa en saadan Maade, at der ikke dannes bevægelige Ioner.

Da Damptrykket over en konkav Vædskeoverflade er mindre end over en plan og aftagende med Vædskeoverfladens Krumningsradius, vil finporede Sten være i nogen Grad hygroskopiske; der kan fortætte sig Vand i Porerne, selvom Luften udenfor ikke er vandmættet. Derfor vil finporede Sten vise større Ledeevne end grovporede, naar de prøves i Luft af samme Fugtighedsgrad.

Dielektricitetskonstanten vokser meget stærkt, naar Stenen optager en ringe Mængde Fugtighed; naar Stenen optager mere, opnaar Konstanten hurtigt et Maksimum.

1) Comt. Rend. 1933, S. 854 (Bayard-Duclaux).

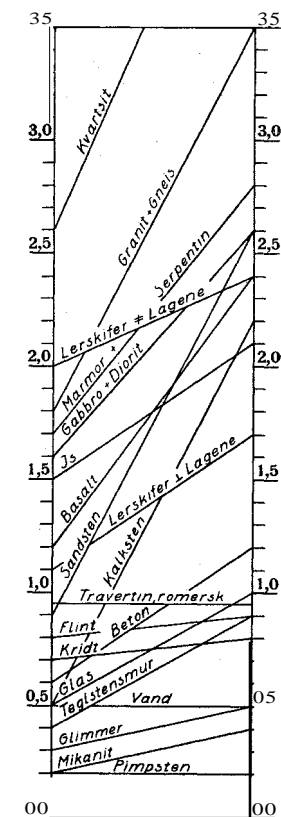


Fig. 46. Varmeledningstal.

2. Varmeudvidelse.

49. Naturstens Varmeudvidelse er kun lidet klarlagt, og de Værdier, forskellige Forskere har fundet for samme Stenart, kan være vidt forskellige. Dette skyldes utvivlsomt i nogen Grad, at Varmeudvidelsen kun er delvis reversibel; enhver Temperaturstigning medfører en lille blivende Udvidelse.

Forsøg i Watertown Arsenal med Stænger lagrede i Isvand, der langsomt opvarmedes til 100° og atter afkøledes til 0°, viste hosstaaende blivende Forlængelser. Den blivende Udvidelse, som en enkelt Opvarmning medfører, er des større, jo højere Opvarmningstemperaturen er; en Opvarmning til 300° kan hos Marmor efterlade 4 mm/m blivende Forlængelse.

Arsagen er, at de enkelte Mineralkrystaller udvider sig uens i de forskellige Akseretninger. Særlig grelt er Forholdet hos Kalkspatkrystaller; ensaadan udvider sig meget stærkt i den optiske Akse Retning — den Retning, i hvilken der ingen Dobbeltbrydning sker — og samtidig trækker den sig sammen i Tværetningerne (Tabel 1).

Tabel t.
Krystallers Varmeudvidelse pr. 1o.

	Temperatur °e	Udvidelse mm/100m
Karborundum ≠ og ⊥	10-410	0,23
Fedtsten	-2-22	0,45
Grafit	50	0,8
Svovlks	-25-18	0,84
»	40	0,91
Kvarts ≠ Aksens	40	0,78
» ⊥ »	40	1,42
Gips	12-25	2,50
Kalkspat ≠ Aksens	40	2,62
» ⊥ »	40	-0,54

Tabel 2.
Andre Stoffers. Varmeudvidelse pr. 1o.

	Udvidelse mm/100 m
Porcelæn	0,3
Basalt, Diabas, Gabbro	0,4
Teglsten	0,5-0,6
Teglstensmurværk	0,2-0,9
Granit, Sandsten, Skifer	0,8
Kalksten, Marmor	0,8
Beton	1
Staal	1,2
Kvartsit	1,2
Is mellem 0 og -20°	5,2

En enlig Kalkspatkrystal vil kunne opvarmes og afkøles uden blivende Formændring, men et Marmorstykke vil ved Opvarmning faa talrige Sprækker, der kun delvis lukker sig ved Afkøling, hvilket medfører en blivende Udvidelse. Sprækkerne røber sig, naar man trækker en Blækstreg paa Marmoret, idet Blækket da flyder sideværts ud i Sprækkerne.

Som Følge af disse Forhold varierer Naturstenenes Varmeudvidelse saa stærkt med deres forudgaaende termiske Behandling, at dennes Indflydelse kan være større end Stenartens. Det synes dog at være en Regel, at Varmeudvidelsen vokser med Mængden af fri Kvarts og aftager med voksende Mængde af kemisk bundet SiO₂, og at den for de fleste Natursten ligger mellem Teglstens og Betons.

Nogle omtrentlige Værdier af Varmeudvidelsen gældende for Stuetemperatur er sammenstillede i Tabel 2. Det lineære Varmeudvidelsestal ses at ligge omkring 1 : 100 000 ved Stuetemperatur, men det vokser stærkt med Tempera-

Tabel 3. Naturstens Varmeudvidelse i mm/100 m pr. 1°.

	0-100°	100-200°	200-300°
Diabas	0,6	0,9	1,2
Granit	0,6-1,1	1,2-1,7	2,0
Sandsten	0,5-1,2	1,4-1,6	1,9
Lerskifer	0,9-1,2		
Marmor	0,4-1,6	1,0-2,5	1,4-2,9
Kalksten	0,4-2,2	0,9-2,6	1,9-2,7
Kvartsit	1,6	2,0	2,0

turen (Tabel 3). - I meget lange Naturstengsimser kan det være paakrævet at have Dilatationsfuger for atundgaa Knusning ved Varmeudvidelse.

50. Marmors Forhold. Varmeudvidelsestallet for Carrara Marmor i naturlig Tilstand fandtes at være 0,47 · 10⁻⁵ mellem 14 og 210; ved 3 paa hinanden følgende Opvarmninger fra 18 til 100° fandtes 1,33 · 10⁻⁵ og 1,10 · 10⁻⁵ og 1,05 · 10⁻⁵, og da man derefter opvarmede fra 14 til 24° fandtes kun 0,22 · 10⁻⁵).

For' at de blivende Formændringer skal blive synlige, kræves der ikke særlig høje Temperaturer, men blot talrige Svingninger. Marmordækplader paa Kamener kan i Tidens Løb krumme sig, saaOversiden bliver hul. Solbeskinnede Marmorplader paa Grave eller Husmure kall'i Tidens Løb hvælve sig stærkt paa en saadan Maade, at de bliver hule paa Skyggesiden. Paa en 45-aarig, lodretstaaende Marmorgravsten fandtes en saa stærk Krumning, at Stenens Højde (Buelængde) var 129 cm paa Solsiden mod 124 cm paa Skyggesiden. Fig. 50 viser denne Sten efter Kieslinger-Zerstorungen an Steinbauten (Leipzig und Wien 1932), Side 235.

At Solvarmen kan bevirke Krumninger skyldes en Opsummering af de smaa blivende Udvidelser, som hver enkelt Opvarmning medfører, og det varer derfor længe, inden Krumningerne bliver synlige. I fri Luft er de tidligst bemærkede 15 Aar efter Stenens Opstilling. Naar Krumningen er saa voldsom som hos den ovenfor nævnte Gravsten, er den ledsaget af grove Revner paa den varme Side, og det er da meget muligt, at der i Bunden af disse Revner aflejres fremmede Stoffer eller dannes Is, som befordrer Krumningen. Slige Krumninger optræder meget hyppigt hos Marmor, navnlig hos de grovkornede Sorter, og ganske undtagelsesvis hos tætte Kalksten, mens man ikke kender dem hos andre Sten.

Disse Strukturændringer har ogsaa en anden Virkning, nemlig at Marmorets Styrke og Stivhed mindskes, og at en Kraftpaavirkning efterlader en stor blivende Formændring; en Marmorplade, der havde været opvarmet til 336o, viste ved et Bøjningsforsøg efter Opvarmningen en 11 Gange saa stor Nedbøjning som før Opvarmningen, naar Spændingen i begge Tilfælde var den samme²). Se ogsaa § 88.

Et beslægtet Fænomen omtales i § 68.

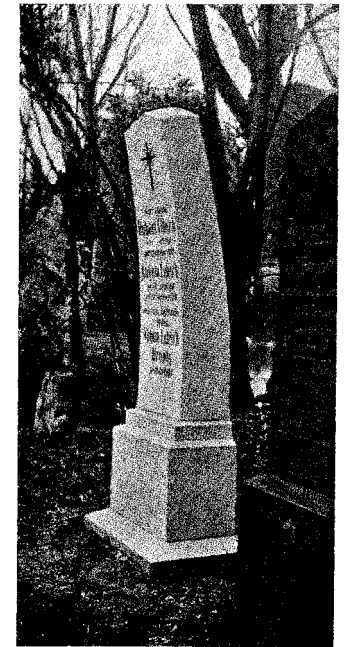


Fig. 50. Solskins Virkning.

3. Høje Temperaturers Virkning.

51. Brandsikkerhed. Natursten hører til de mindst brandsikre Bygestoffer; de Spændinger, der opstaar i dem ved en pludselig eller ensidig Opvarmning, sprænger dem, hovedsagelig fordi de endnu kolde Dele ikke kan følge med uden at revne, ganske som naar et tykvægget Glas sprænges ved Fyldning med kogende Vand. Undertiden springer der Skaller af Overfladen, undertiden revner Stenen paaKryds og tværs, og Stumperne falder fra hverandre; Brudfladerne er muslede og rene, ikke smulrende. Men ogsaa en langsom og ensartet Opvarmning svækker, naar den er tilstrækkelig stærk, dels fordi de forskellige Mineraller har forskellig Varmeudvidelse, og dels fordi en Krystal ikke udvider sig ens i alle Retninger. De fleste Sten taaler dog Temperaturer 500°, men svækkes stærkt mellem 500° og 700o. Grovkornede Sten er mindre modstandsdygtige end finkornede.

Kvartsholdige Sten som Granit staar sig særlig daarligt, fordi Kvartskrystallernes Varmeudvidelse ikke er ens i alle Retninger, og fordi Kvartsen ved 573° ændrer Tilstandsform, hvilket medfører en stærk Udvidelse³). Granit, der har været opvarmet til 700 o. er som Regel uden Sammenhæng. Undertiden indeholder

1) Zeitschrift für Instrumentenkunde 1912, Bind 32, Side 161 (Grüneisen).

2) Roy. Soc. Proc. 1934, Series A, Vol. 144, No. A. 852, Side 266 (Rayleigh).

3) Et Billede af sprængt Kvarts findes i Jærnbeton 1931, § 46.

Kvartsen Hulrum fyldte med Luft og Vand, saa der sker Eksplosioner ved Opvarmning. Gneis er maaske lidt bedre end Granit.

Kvartsfri Sten som Syenit, Basalt og Diabas udvider sig mindre og taaler derfor bedre Opvarmning, men ogsaa disse springer let.

Lerskifer, Glimmerskifer og de magniumrige Sten - Talkskifer, Klæbersten og Serpentin - er forholdsvis gode.

Porøse Sten staar sig bedre end uporøse, fordi Kornenes Udvidelse delvis kan ske i Porerne, og fordi Elasticitetstallet er mindre, og en stor Del af Deformationerne plastiske (§ 87). Kalksten staar sig saaledes ofte bedre end Granit (*Jærnbeton* 1931, § 45-6), og finkornede Sandsten hører til de mest modstandsdygtige, navnlig naar de har Kiselsyre som Bindemiddel.

Men selv de bedste Natursten kan sprænges og bør derfor ikke indgaa som bærende i Bygninge, der skal være særlig brandsikre, undtagen i Fundamenter og Sokkeler samt i Facademure, der bag Naturstenen har en mindst 23 cm tyk Mur af almindelige Mursten eller, en mindst 8 cm tyk Jærnbetonvæg (se *Jærnbeton* 1931, § 52); navnlig fritliggende Trapper og fritstaaende Piller er truede. Bestaaende Naturstenspiller kan brandisoleres, men ved Nybygninger vilde Brugen af saadanne Piller være urimelig paa Grund af Naturstenenes høje Pris.

Ved en brandteknisk Vurdering af Byggestofferne maa man iøvrigt ikke blot tage Hensyn til deres Holdbarhed under en Brand, men ogsaa til deres Varmeledningsevne. En Væg med stor Ledningsevne kan muligvis blive saa varm paa den kolde Side, at den antænder letantændelige Stoffer, som hviler mod den.

Mure, der er sværtede ved Brand, kan renses med Sandblæst.

Forsøg. Medens man i Materialprøvningens Barndom undersøgte Brandsikkerheden ved at gløde smaa Tærnløge og sluttelig kaste dem i Vand, en Prøve som ingen Natursten bestaar, har man nu i mange Lande store Forsøgsovne, i hvilke Prøvepiller i naturlig Størrelse kan opmures eller indsættes, eller hvis en Væg dannes af den Mur, hvis Brandsikkerhed skal undersøges. Man registrerer Temperaturen i Ovnen og i Materialet og optegner alle synlige Ændringer under Opvarmningen og under den paafølgende Besprøjtning. Specielt noterer man, hvor længe det varer inden en Vægs kolde Side naar Temperaturen 150° - Antændelsestemperaturen for Celluloid.

Den danske Statsprøveanstalts Forsøgsindretninger er omtalt i *Brandværnshaandbogen* 1931, S. 56. Se ogsaa den svenske Statsprøveanstalts Meddelelse 57 og A. S. T. M.'s Standard Specincations C 19.

52., **Ildfasthed** er et Begreb, der tidligere omfattede Materialernes Forhold saavel under en tilfældig Brand som under en industriel Udnyttelse i Ovnen. m., men i de senere Aar er der en Tilbøjelighed til kun at bruge Ordet i sidstnævnte Forbindelse.

Tidligere brugte man de bedst egnede Natursten (Serpentin, Sandsten) til Bygning af Højovne, Smedeesser m. m., men det er utvivlsomt gaet helt af Brug nu. Forskellige magniumrige Sten finder dog stadig en speciel Anvendelse, saaledes Asbest til ildfast Væv, Klæbersten til Varmeovne og Gryder (som dog navnlig i Begyndelsen maa behandles forsigtigt for ikke at springe) og Fedtsten til Gasbrændere.

Kalksten er naturligvis uanvendelig, da Kulsyren begynder at undvige allerede ved 400° , og da det dannede CaO læsker sig ved Tilgang af Fugtighed. Disse Forhold er af underordnet Betydning for Brandsikkerheden, da Processen ikke faar Tid til at trænge i Dybden ved en normal Brand. Andre kalkholdige Sten (Dolomit, Kalk-Sandsten) forholder sig som Kalksten. Sandsten med Ler som Bindemiddel kan ødelægges ved, at Leret svinder. Støbt Basalt er meget modstandsdygtig (§ 288). Om Formsand se § 394.

Smeltning vil man som Regel ikke faa Lejlighed til at iagttage ved Ildebrande, da Stenene er sprængt. Jden Temperaturen naar saa højt. Nogle Mineralers Smeltepunkt findes hosstaaende.

Kvarts	1710°	Talk	1300-1500°	Glimmer	1200-1300°	Augit	1100-1300°
Serpentin	15000	Asbest (§ 220)	1150-1550°	Feldspat	1100-1300°	Hornblende	1100-1200°

Eruptiverne med deres forskelligartede Korn har ligesom Legeringer intet Smeltepunkt, men et Smelteinterval (se *Byggematerialer* I, 1920, § 225); Smeltningen begynder ved $1000-1250^{\circ}$.

G. Haardhed og Bearbejdelighed.

53. Haarde Sten som Granit er dyre at bryde og tildanne, og man kan ikke udhugge fine Detailler i dem, da man ikke kan faa fremspringende Kanter skarpe nok; navnlig den haarde Kvarts forringer Bearbejdeligheden. Derfor bruges de haarde Sten fortrinsvis til Brosten, Fliser, Sokkeler, Trappesten, Skærver o. Ilgn., hvis Tildannelse er nem, og hvis Styrke, Slidfasthed og Vejrfasthed skal være stor, medens man til Husfacader og rigt ornamenterede Sten fortrinsvis bruger de blødere som Kalksten og Sandsten.

De haadeste Mineraler har specielle Anvendelser, saaledes Diamant til Boring og Skæring i Glas og Natursten (§ 20); Granat og Rubin til Lejer i Urværker.

En Stens Bearbejdelighed afhænger dog ikke blot af Kornenes Haardhed, men ogsaa af deres indbyrdes Sammenhæng. Naar saaledes Bindemidlet mellem Kvartskornene i en Sandsten er blødt, lader Stenen sig let bearbejde, idet Sandkornene rives ud af Bindemidlet uden at deles. Navnlig saadanne Sten, men ogsaa Kalksten m. fl. forarbejdes særlig let straks efter Brydningen, mens den saakaldte Brudfugtighed endnu er i dem; naar de efter nogle Maaneders Lagring er blevet lufttørre, er de væsentlig haardere, hvilket bl. a. kan skyldes, at der ved Vandets Fordampning udskilles CaCO_3 i Porerne; se ogsaa § 67.

Man kan ikke ordne Stenene i en enkelt Række efter Bearbejdeligheden, thi denne afhænger af Bearbejdelighedsmaaden.

Ridsehaardhed og Indtrykshaardhed omtales i § 8 og 54.

Kløvelighed er en Egenskab, der intet betyder, hvis Stenen tildannes med Maskinsave, men som er meget ønsket, hvis en BJok skal deles ved Haandarhejde.

Eruptivernes SVind under Afkøllingen har ofte frembragt Egenspændinger, der bevirker, at Stenen er lettere kløvelig i nogle Retninger end i andre, en Forskel, der maaske er usynlig, men snart opdages og udnyttes af Arbejderne; en Sten uden »Kløv« er dyr at forarbejde. Af saadanne Retninger kan der være indtil 3. Er der flere end een, danner de andre gerne nogenlunde rette Vinkler med denne og indbyrdes. Kløveligheden plejer at være størst i Planer parallele med Stenens oprindelige Overflade (Afkøllingsfladen), altsaa hyppigst i vandrette eller svagt hældende Planer. Langs enkelte, saadanne Planer er Stenen ofte revnet som Følge af SVindspændingerne, hvorved den er blevet delt i saakaldte Bænke. Dette letter Brydningen, men begrænser samtidig Blokkens Størrelse.

Sedimenternes Lagdeling spiller samme Rolle for Bearbejdelsen som Eruptivernes Kløv. Ogsaa Sedimenterne er bænkede, idet de forud er revnede i de svageste Lagplaner.

Saveligheden er særlig stor hos Sandsten, fordi en Del af dens Korn rives ud hele. En Ramsavs Skæredybde i Løbet af 1 Time kan variere fra over 20 til 0,1 cm og f. Eks. være for middelhaard Sandsten 20-18, Ølandsk Kalksten 2, Marmor 2-0,6, Granit 0,5-0,1 cm. Ved Skæring med Karborundumrundsav kan Arbejdshastigheden f. Eks. være: Sandsten og Kalksten 10, Marmor 8, Skifer 2 Granit og Syenit 1 cm²/sec.

Bearbejdelighedsprøver bør udføres med lignende Værktøj som i Praksis. Man kan f. Eks. lade Faldmejsel af given Vægt falde fra en given Højde og bestemme det Antal Fald, som er nødvendigt Frembringelse af et Hul af given Dybde; eller man kan gennemsave Stenlegemer med ens Tværnsnit paa ensartet Maade og bestemme, hvor lang Tid Gennemsavningen tager.

54. Kugletrykprøver. Fra Metallers Prøvning kendes Haardhedstallet:

$$H = \frac{P}{f_k}$$

1) Muligvis kan dette ogsaa skyldes en vis Regelmæssighed i Mineralernes Lejrning under Størkningen.

hvor P er den Kraft, med hvilken en Staalkugle nedpresses i Metalfladen, og f_k Arealet af det kuglekalotformede Indtryk, der efterlades i Fladen (*Byggematerialer I*, 1920, § 250-5). Nu og da har man ogsaa bestemt H for Natursten; med Kuglediameter $D = 10\text{ mm}$ og $P = 250\text{ kg}$ fandtes for tørrede Sten hosstaaende Værdier¹⁾.

	kgjmm ²		kg/mm ²
Serpentin	177-188	Marmor, Skyros	70
Marmor, Verona, rødt	103-134	>> Carrara II	70
Sandsten	4-124	>> » Bianco chiaro	58
Marmor, Bleu beige	109	>> » Blane P	58
>> , Granit belge	103	>> » Statuario	58
Travertin, Tivoli	63-97	>> » Pavonazzo	55
>> , Cannstatt	63-91	Terranova Puds	15-36
Marmor, Brèche rosé, Norge	79	Talk	6

De blivende Indtryk maa skyldes, at Materialet paa Indtryksstedet enten fortættes eller fortrænges. I første Fald vil Haardhedstallet nærmest være et Maal for Stenens Porøsitet, i andet Fald for Stenkornenes indre Gnidning, idet Kornene - f. Eks. i Marmor - deformeres som Følge af indre Glidninger" hvorved der dannes en - maaske usynlig - Vulst omkring Indtryksstedet.

Om disse Prøvers praktiske Værdi ved man endnu intet; se dog § 102. Da det er langt lettere at bestemme den Værdi af f_k , som er til Stede, mens Trykket virker, end den Værdi, som bliver tilbage, naar Trykket ophører, ligger det nær at beregne H paa Grundlag af førstnævnte Værdi, som er $f_k = \pi \cdot D \cdot h$, hvor h er den til P svarende Indtryksdybde, altsaa:

$$H = \frac{1}{\pi \cdot D} \cdot \frac{P}{h}$$

Da h er tilnærmelsesvis proportional med P , behøver man kun at bestemme Kuglekalottens Dybde-tilvækst Δh ved en Lastforøgelse ΔP , idet $P: h = \Delta P: \Delta h$, altsaa:

$$H = \frac{1}{\pi \cdot D} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta h}$$

H. *Kreiger* bruger $D = 15,85\text{ mm}$, altsaa $\pi \cdot D = 50$. Han fandt for Ekebergmarmor $H = 141\text{ kgjmm}^2$. Gropportormarmor 80 kgjmm^2 . Cementmørtel 1: 3, Alder 28 Døgn, 25 kgjmm^2 .

Se iøvrigt *Ingeniørsvetenskapsakademiens Handlingar* Nr. 24, Stockholm 1923 og E. *Suenson*: Die Einwirkung von Salzsäure auf Ziegelsteinfassaden, København 1935, S. 30.

Mikrohaardhed. Ved Kugletrykprøver og Ridseprøver finder man Gennemsnitshaardheden af en Samling forskelligt orienterede Krystaller. Ved Hjælp af *Hanemanns* Mikrohaardhedsprøver kan man bestemme Haardheden af mikroskopisk smaa Krystalflader. Der bruges en pyramideformet Diamantspids, der giver et kvadratisk Indtryk, og ved Maaling af de 2 Diagonallængder bestemmes Indtryksfigurens Areal, der divideret ind i Prøvetrykket giver Haardhedstallet i kg/mm^2 , altsaa samme Fremgangsmaade som ved *Vickers* Bestemmelse af Metaller Haardhed. Paa denne Maade kan endog Pulveres Haardhed maales, idet Pulveret indstøbes i et egnet Materiale, og en Flade af dette slibes. Naar Prøvetrykket gøres tilstrækkeligt lille, kan man frembringe Indtryk i de sprødeste Stoffer som Glas, uden at det medfører Sprængninger. Diamanten er meget lille og indfattet i en Glaslinse, der er anbragt foran i et Mikroskops Objektiv og tjener til at belyse Indtryksstedet. Mikroskopet trykkes mod Mineraliet med den ønskede Kraft, hvis Størrelse aflæses paa Mikroskopet; derefter maales Diagonallængderne med dette.

Det mindste Prøvetryk er 0,5 g; med dette Tryk kan man maale Haardheder ned till kgjmm^2 , saafremt Korndiameteren er større end $50\ \mu$; er Krystallen tilstrækkelig stor, kan den være endnu blødere. Selv Stoffer, hvis Haardhedstal er 10000 kg/mm^2 , kan prøves, hvis Krystallen er tilstrækkelig stor. Diamanten er slebet saa nøjagtig, at Indtrykket bliver kvadratisk, selvom det kun er $1\ \mu$ i Sidelinie. Af Hensyn til Indtryksstedets Belysning gøres Diamanten meget lille, helt ned til $0,38\text{ mm}$ Diameter. Maalelige Indtryk kan da frembringes paa Enkelkrystaller, hvis Fladeareal kun er $1\ \mu^2$.

Ved saadanne Forsøg har man fundet, at Grafits Haardhed i en vis Akseretning nærmer sig til Diamants.

Ved Polering kan Poleringstrykket ændre Overfladen, saaledes at der dannes et amorft, særlig baardt Lag, der i Mineralogien betegnes Beilbylag. Denne Haardhedstilvækst findes kun ved smaa Indtryk og kun, naar Krystalfladen har været paavirket som nævnt, ikke naar den er i sin naturlige Tilstand. Tilvæksten findes kun for Krystaller, ikke for amorfe Stoffer som Glas.

H. Slidegenskaber.

1. Slidvirkninger.

55. Slidfastheden har Betydning for Sten, der udsættes for Færdsel (herunder Vejskærver) eller andre Slidpaavirkninger som Isgang.

Sten til Trapper, Gulve, Fortove og Kørebaner (§ 282-91) skal ikke blot være slidfaste, men ogsaa holde sig ru, da det ellers er farligt at færdes paa dem,

¹⁾ Geologi und Bauwesen 1935, Heft 2, S. 65 (*Kieslinger*). *Kieslinger* bruger Kugler af Widia.

navnlig i Sneføre og fedtet. Føre. Ruheden bevares, naar de enkelte Korn ikke slides absolut ens. De fleste Natursten slides glatte og staar i den Henseende tilbage for Beton. Værst er Kalksten, fordi den kun bestaar af eet Mineral, og fordi den afslidte Kalk sammen med Vand danner en Art Smørelse, men ogsaa Granit slides glat, da den er opbygget af Mineraler med nogenlunde ens Slidfasthed. Sandsten holder sig derimod ru ligesom Beton, fordi Bindemidlet mellem Sandskornene slides hurtigere end disse. Ogsaa porøse Sten holder sig ru. Storkornede Sten holder sig oftere ru end finkornede.

Færdselens Art har Betydning. Automobilernes Gummiringe slider lidet, men virker stærkt glatslibende. Hestevognenes Jærnringer forholder sig omvendt (§ 56); en Brolægning med sandfyldte Fuger bliver i Tidens Løb toppet, fordi Stenkanterne knuses og afrundes; fyldes Fugerne med Cementmørtel, sker det ikke.

Ogsaa Slibesten og Møllesten skal holde sig ru. Til Slibesten bruges Sandsten, til Møllesten bruges Sandsten, Kvartsit (§ 190) og Lava, men nu om Stunder mest Kunststen.

Sten, der slides glatte, kan ofte modtage en høj Politur, en Egenskab som undertiden kræves af Dekorationssten.

Ildfasthed forenet med Slidfasthed træffes hos støbt Basalt (§ 288).

2. Slidprøver.

a. Oversigt.

56. De Slidpaavirkninger, en Sten udsættes for i Praksis, er af saa varierende Art, at de kun mangelfuldt kan efterlignes i et Laboratorium. Praktiske Prøver er bedre, f. Eks. kan Brostens Slidfasthed undersøges direkte ved at brolægge en Prøvestrækning med forskellige Sorter, men Prøven er langvarig, naar Trafiken ikke er meget stærk som i en Gade i New York, hvor der aarlig blev slidt ca. 2,5 cm bort af den bedste Granit. De Slidprøver, Laboratorierne anvender, er mer eller mindre eensidige, og deres Resultater maa suppleres med praktiske

Sliddet paa en Vejbane maales undertiden i cm^2 pr. 1 Million Tons Færdsel. Naar Tallet divideres med Vejens Bredde, faas det gennemsnitlige Højdetab. Dette er for Chaussebrølægning ca. 75 Gange saa stort, naar Færdslen sker med Hestevogne, som naar den sker med Automobile.

Blandt de almindelige Vejmaterialer er Granit det mest slidfaste, derefter følger god Beton. Paa Forsøgsstedet i København fandtes hosstaaende relative af Sliddet i mm; A-Rækken gælder for Automobile med Luftringe, H-Rækken for Hestekøretøjer. Samtidig fandtes et enkelt Automobils Slid paa et givet Materiale pr. m Vejbredde at være proportionalt med VG^2 , hvor G er Køretøjets Vægt. Naar 5 Vogne a 1 t passerer en Vejstrækning, slides denne altsaa mere, end naar en enkelt 5 t Vogn passerer den.

	A	H
Chaussebrølægning	1,0	1,0
Cementbeton	1,8	1,5
Støbeasfalt	2,0	2,3
Sandasfalt	2,4	2,3
Asfaltbeton	2,6	2,3
Stahlas	3,4	2,3
Dammannasfalt	3,5	2,7
Ankabrosten	3,9	3,8

Sliddet paa Fortovsbelægninger er omtalt i *Ing.* 1910, S. 153.

Et Slidpaavirkningen af en saadan Art, at der ikke rives hele Korn ud af Fladen, men kun Smaapartikler ud af Kornene, vil Slidfastheden vokse med Kornenes Haardhedstal, men ikke proportionalt med dette (§ 8). Granit og lignende Sten, hvis Korn har nogenlunde ens Haardhed, slides paa denne Maade, og deres Slidfasthed kan paa tilfredsstillende Maade bedømmes ved den Stof-

mængde, der afslibes, naar de paa ensartet Maade trykkes mod en roterende Slibeskive af Støbejern eller udsættes for Sandblæst.

Slibeskiveforsøg tvinger Stenfladen til at holde sig plan, og indeholder den haarde Korn i en blød Grundnasse, vil denne ikke kunne slides væsentlig hurtigere end Kornene, og Prøveresultatet bliver derfor for gunstigt!); bruges Stenen f. Eks. som Fortovsflise, slides den bløde Masse om Kornene bort, indtil disse bliver saa fremstaaende, at de rives ud som Helhed, og paadenne Maade skrider Sliddet hurtigere frem. Derfor anvender vi i *Laboratoriet for Byggeteknik* en Gummiskive (Fig. 59,1).

Sandblæstforsøg giver i alle Tilfælde meget anskuelige Resultater, idet de bløde Dele slides bort, og de haarde bliver fremstaaende, saaledes at Stenens Struktur bliver tydelig; og hvis to Sten er blevet prøveblæst paa ensartet Maade, er den eventuelle Forskel i Slidfasthed umiddelbart synlig. Forskellen mellem Sandblæstens og Slibeskivens Virkning viser sig f. Eks. ved Prøvning af Portlandementmørtel, idet Forholdet mellem Rumfangstabene i de to Tilfælde vokser med Mørtlens Sandindhold. Forholdet mellem Stoffabet ved Sandblæst og Stoffabet paa Slibeskive vil som Regel vokse med Slidfladens Uensartethed.

Ved Prøvning af grønlandsk Marmor (graaligt) og Carraramarmor - Blanc clair fra Viaregio, Kvalitet II - fandtes hosstaaende Stoffab ved Sandblæst (6 Min.) og paa den sidst i § 59 omtalte Slibeskive.		Sandblæst	Slibeskive
Carrara	11,6 cms (100)	1,4 mm (100)	
Grønlandsk..	12,8 » (110)	1,0 » (71)	

De nævnte Prøvemethoder bruges ogsaa overfor andre Stoffer end Natursten, naar blot Stoffet besidder en vis Grad af Haardhed. Bløde Stoffers Prøvning omtales i § 65.

Resultater af Slidprøvninger er kun sammenlignelige, naar de er udført paa samme Laboratorium og samme Maskine og med lige tørre Sten (§ 57-8). Man har derfor ikke interesseret sig for at standardisere Maaleenheden.

Som Maal for Slidfastheden bruges naturligt Højdeformindskelsen Δh pr. 1000 Omdrejninger af Slibeskiven eller pr. Minut Blæsetid eller pr. Ton Færdsel (§ 56). Da Δh vokser med aftagende Slidfasthed bruges ogsaa $1 : \Delta h$ eller $(1 - \Delta h) : 100$ med Δh maalt i cm. I Stedet for Δh indføres ogsaa Rumfangstab ΔR (§ 59), hvilket principielt er det samme, saafremt Slidfladerne har ens Størrelse. Vægtformindskelsen ΔP eller $20 - \frac{1}{3} \Delta P$ (§ 59) er en daarhg Maalestok, hvis Rumvægten er meget uens. Nogle Talværdier findes i § 60.

b. Slibeskiver.

57. Slibeskiverne er vandrette Støbejernsskiver, der roterer langsomt om en lodret Akse, og mod hvilke Prøvelegemet trykkes saa stærkt, at Trykket pr. cm^2 Slidflade faar en given Størrelse. Gennem en Tragt foran Prøvelegemet tilføres der Skiven en bestemt Mængde af en bestemt Slags Smergelpulver eller fint Sand, medens en Skraber bag Prøvelegemet fjerner det brugte Slibemiddel sammen med det afslebne Stenpulver. Efter et vist Antal Omdrejninger bestemmer man Prøvelegemets Vægttab, som i Reglen omregnes til Højdetab.

Da Trykket, Slibepulveret, Slibehastigheden, Slibevejen m. m. ikke er ens ved de forskellige Maskiner, kan deres Resultater ikke umiddelbart sammenlignes; der er ikke engang et konstant Forhold mellem de Slidtal, der findes paa to forskellige Maskiner.

1) Se *Statsprøveanstaltens* Beretning 1927-28.

58. Forsøgsteknik. Ved vaad Slibning kan Sliddet være indtil dobbelt saa stort som ved tør. Vaad og tør Slibning fører oftest til en uens Klassificering af Stenene.

Sten, hvis Slidfasthed paavirkes af Tørhedstilstanden, burde prøves med det Vandindhold, de sædvanligvis har under Brugen, men oftest prøves de efter Tørring ved 100° eller efter Vandmætning. Ved Prøvning af tørrede Sten kan Luftens Fugtighedsgrad have nogen Indflydelse paa Resultatet.

Hvis Stenene prøves vandmættede, dryppes der yderligere Vand paa Slibeskiven under Forsøget, eller ogsaa tilføres Slibemidlet i Form af en Grød og da ikke kontinuerligt, men i afvejede Portioner, der fornyes f. Eks. 3 Gange under Forsøget og tvinges til at blive paa Slibebanen ved Hjælp af særlige Skrabere.

Undertiden slidprøves Stenene efter at være frostprøvede.

Navnlig ved Prøvning af brændte Sten vejes Prøvelegemet gentagne Gange under Forsøget f. Eks. for hver 100 Omdrejninger af Skiven, hvorved man faar oplyst, om Slidfastheden aftager indefter. Resultaterne fra de første Vejninger maa dog bedømmes med Kritik, idet Tallene kan være paavirkede af, at Prøvelegemet i Begyndelsen ikke ligger fuldstændig an mod Slibeskiven. Ved Prøvning af Natursten, hvis Slidfasthed er uafhængig af Afstanden fra Overfladen, venter man med at foretage den 1. Vejning, indtil Prøvelegemet er slidt plant, først derefter begynder det egentlige Forsøg.

Slibemidlets Mængde. Jo mere Slibemiddel der tilføres, des stærkere slides Stenen. Derfor er det ogsaa af Betydning, at hele den tilførte Mængde kommer ind under Stenen og fordeles jævnt over Slidfladen.

Slidbanens Haardhed. Hvis man paa Støbejernsskiven klæber en blødere Slidbane f. Eks. Kautsjuk, bliver Sliddet langt ringere (se *Statsprøveanstaltens* Beretning 1927-28); selv en Forskel i Støbejernskivens Haardhed har Betydning (§ 59). Aarsagen her til er, at Slibekornene ruller i den bløde Bane, dels at de større Slibekorn nedpresses i den, saaledes at ogsaa de mindre Korn hjælper til at bære Prøvelegemet; dette kommer altsaa i Berøring med flere Korn, men Trykket fra hvert enkelt bliver mindre.

Disse Virkninger betyder mere for nogle Sten end for andre; er Højdetabet for Sten 1 og Sten 2 paa Støbejernsskiven s_1 og s_2 , og paa Kautsjukskiven k_1 og k_2 , bliver Forholdet $s_1 : s_2$ et andet end $k_1 : k_2$. Bestaar Sten 1 af haarde Korn i en blødere Grundnasse, og bestaar Sten 2 udelukkende af denne Grundnasse, vil de haarde Kornslidforringende Virkning vise sig paa begge Skiver, men mindst paa Kautsjukskiven, og denne vil som Regel give et bedre Udtryk for saadanne Stens Slidfasthed i Praxis end Støbejernsskiven.

Trykkets Størrelse. Mængden af afslebet Materiale vokser med Trykket, men kun op til en vis Grænse. Bliver Trykket større, hindrer det Slibepulveret i at komme ind under Stenen. For at faa stor Virkning i kort Tid arbejder man med dette Grænsetryk, der for nogle Maskiner er 0,6 at, for andre kun 0,01 at.

59. Forskellige Slibeskiver. Den første Slibeskive til Stenprøvning blev fremstillet af *Bauschinger* og er beskrevet i *Ing.* 1901, S. 73. De moderne Maskiner, der omtales nedenfor, er mindre, men byggede efter samme Princip.

Bohmes Slibeskive, der er normeret i Tyskland (DIN 2108), arbejder med Smergel, og Prøvelegemets Slidflade er kvadratisk ($7,1 \cdot 7,1 = 50 \text{ cm}^2$). Prøvelegemet tørres; vejes og indsættes i en Holder, der kun tillader lodrette Bevægelser, og som belastes saa meget, at Prøvelegemets Tryk paa Slibeskiven bliver 0,6 at. Smergelens Kornstørrelse er bestemt ved Maskevidderne 0,2 og 0,15 mm, højst 10% maa ligge udenfor disse Grænser. Slibebanener af haardstøbt Støbejern med Haardhed 30-50 bestemt med Shores Diamanthammer (*Byggematerialer* I, 1920 § 257); dens Radius er 22 cm; den gør $\frac{1}{3}$ Omdrejning i Sekundet. For hver 110 Omdrejninger af Skiven, vejes Prøvelegemet og drejes 90° . Det samlede Rumfangstab efter 440 Omdrejninger opgives. Prøvelegemernes Antal: mindst 3. Slibebanen bliver efterhaanden fordybet ved Slid, og der kan ogsaa komme Furer i den; den skal afrejes eller fornyes, hvis Fordybningen er mer end 0,5 mm eller Fureddyben mer end 0,2 mm. Forsøgene paa Bohmes Slibeskive synes at stemme godt med praktiske Erfaringer¹⁾.

Dorrys Skive er af lignende Art, men arbejder med knust Kvartsand, og Prøvelegemerne er Cylindre med $d = 25 \text{ mm}$ og fuldkommen planparallele Endeflader. Der er 2 Cylindre samtidig i Maskinen; stillede diametralt modsat. De vejes og indsættes i Holdere, hvis Vægt justeres, saa at Prøvelegemets Tryk paa Slibeskiven bliver 0,254 at. Sandets Kornstørrelse er bestemt ved Maskevidderne 0,59 og 0,42 mm, højst 5% maa være grovere, højst 25% maa være finere. Slibebanens Radius er 26 cm. Efter 1000 Omdrejninger vejes Prøvelegemerne og vendes, hvorefter Forsøget gentages med den anden Endeflade. Sliddet angives i Gram eller cm^3 pr. 1000 Omdrejninger som Middeltal for de 4 Endeflader. Af Vægttabet ΔP udregnes undertiden et Slidfasthedstal $20 - \frac{1}{3} \Delta P$.

Den danske *Statsprøveanstalt* bruger en fransk Slibemaskine af Dorrys Type (se *Ing.* 1901, S. 73). Slibemidlet er Klitsand, der har passeret en Sigte med $\{,3 \text{ mm}$ I/fasker og er blevet liggende paa en Sigte med 0,2 mm Masker. Prøvelegemernes Slidflade er $5 \cdot 5 \text{ cm}^2$ og Trykket 0,25 at. Sliddet bestemmes efter 600 Omdrejninger. Der er to Prøvelegemer samtidig i Maskinen.

Bureau of Standards (U.S.A.) har ændret Dorrys Slibeskive saaledes, at Prøvelegemerne (af hvilke 3 prøves samtidig) ogsaa roterer langsomt (Fig. 59), saa ikke samme Kant altid vnder fremefter. Som Maal for Slidfastheden bruges $H_a = 10 : \Delta R$, hvor ΔR er Rumfangstab. Der fandtes god Overensstemmelse mellem denne Værdi og Slidfastheden i Praxis (Trappetrin²⁾.

1) Der *Bautenschutz* 1935, S. 37 (Graf).

2) *Journal of Research* 1933, S. 635 og *A.S.T.M. Proceedings* 1928, S. 855.

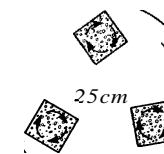


Fig. 59.

Laboratoriet for Byggeteknik har fremstillet en særlig Slibeskive, der ikke roterer (Fig. 59,1). Den har Form af et vandret, cirkulært Bord belagt med en 6 mm tyk Plade af meget blød Gummi dækket med et Stykke Karborundumpapir *K* af bestemt Fabrikat (Durexil 60 E Paper Cl 202).

Prøvelegeme *p* har Form af rektangulære Plader med vilkaarlig Tykkelse og Slidflade 14 · 7 cm². De limes fast paa Undersiden af Aluminium-Slæder, hvis Overside belastes med Blyplader, saa Slædens samlede Vægt faar en vis Størrelse, der er fastsat i Overensstemmelse med den paagældende Materialgruppes Slidfasthed.

3 vandrette, koncentriske Staalringe fastholder Karborundumpapiret og afgrænser en ydre og en indre Slibebane, paa hvilke Slæderne føres rundt, idet de hver med sin Kæde er fastgjorte til en vandret Bom, der roterer over Ringene. Den ydre Banes Midtercirkel er 151,5 cm lang, den indres er 88,9 cm.

Som Regel prøves kun to Legemer samtidig, eet paa hver Bane, og Fremgangsmaaden er da følgende. Inden det egentlige Forsøg begynder, lader man Slæderne køre saa længe paa et Stykke brugt Karborundumpapir, at hele Slidfladen kommer i Berøring med Papiret. Derefter vejes Prøvelegeme + Slæde, der lægges nyt Papir paa Bordet, og det egentlige Forsøg begynder. For hver 50 Omgange standses Maskinen, det afslidte Materiale fjernes med Støvsuger, Prøvelegeme afbørstes og drejes 180° om en lodret Akse, saaledes at For- og Bagende skifter Plads. For hver 200 Omgange lægges nyt Papir paa Bordet, samtidig med at Prøvelegeme bytter Baner. For hver 400 Omgange vejes Prøvelegeme + Slæde. Efter 800 Omgange standses Forsøget.

Et Par Forsøgsresultater er angivet under Sandblæst (§ 56).

60. Slidtal. Efterfølgende Tabeller giver et Overblik over Slidfastheden af forskellige Natursten og andre Byggematerialer ordnede efter aftagende Slidfasthed i tør Tilstand; vaade, porøse Sten kan slides indtil 100% stærkere; hos god Granit er der ingen saadan Forskel.

Den danske Statsprøveanstalt (§ 59)			Svenske Forsøg ¹⁾		
	oftest mm	mindst mm		oftest mm	mindst mm
Granit, Gneis, Flint	<1	<1	Asfalt	2-3	<1
Beton, Cementfliser	<2	»	Ildfaste Sten	2-4	»
Lerfliser	<3	»	Marmor, Kalksten	»	2-3
Klinker	1-3	»	Sandsten	<5	<1
Basalt	»	1-2			

Den tyske Rigs-Prøveanstalt ²⁾		Bureau of Standards (Fig. 59)		Amerikanske Forsøg ⁴⁾	
cm ³		cm ³			
Porfyrt	6,7	Linoleum (§ 65)	7,1	Kvarts	1 ³⁾
Basalt	7,3	Oliemalet Fyr. ...	22	Granit	2,7-4,1
Xylolit	7,7	» og lak. »	24	Marmor	4,3-26
Granit	8,3	Fyr	24	Skifer	15-30
Klinker	25	Oliemalet Gran	29	Travertin	11-36
Kalksten	36	» og lak. »	36	Sandsten	7-90
Sandsten	62	Gran	45	Kalksten	7-90
				Serpentin	16-12
				Marmor	16-10 ⁴⁾

c. Sandblæstforsøg.

61. Sandblæstforsøg udføres med det i Fig. 62 viste Apparat, i hvilket en Stentærning *N* udsættes for en kraftig Sandstråle *S* og derved udhules mere eller mindre; er Stenen uensartet, slides de blødere Dele mere end de hårdere. Denne Prøve er meget umiddelbar, da man blot ved at se paa Prøvelegemet faar et tydeligt Indtryk af dets Modstandsevne; desuden afslører den Strukturen, saaledes at man til en vis Grad kan bedømme, om Stenen er tilbøjelig til at slides glat eller vil holde sig ru, og endelig egner den sig til Prøvning af uplane Flader. Apparatet arbejder hurtigt og billigt, men kan ligesom Slibeskiverne:

1) Smergel paa Støbejernsskive (Byggmastaren 1932, Nr. 4).

2) Bohmes Skive (§ 59). 3) relative Tal. 4) Dorrays Skive; Tallene angiver 20 - $\frac{1}{3}$ Δ *P* (§ 59).

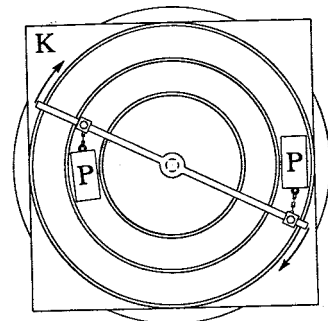


Fig. 59,1.

ikke bruges til Prøvning af elastiske, bløde Stoffer, idet Sandskornene preller af paa disse uden at beskadige dem.

Lagdelte Sten slides mest paa Lagfladerne.

I Laboratoriet for Byggeteknik fandtes Rumfangstæbener paa de Flader, der var \perp Lagdelingsretningen, og de Flader, der var \neq Lagdelingsretningen, angivet i cm³/Min. pr. Flade at være:

	\perp	\neq
Igaliko Sandsten	0,92	1,05
Neksø»	3,82	4,23
Bremer»	5,33	5,73
Godthaab Vegsten	8,84	8,84

62. Forsøgsteknik og Forsøgsværdier. Luften blæses ind forneden gennem Røret \emptyset og fortsætter lodret opad mod Tærningen *N*. Sandet findes i det ringformede Rum *T* med de to Udløbsrør *V*, hvorfra det - naar Apparatet er i Brug - løber ned i Røret *Y*; naar Apparatet er ude af Brug, kan man forskyde Klapperne *W*, saa de lukker for Sandet.

Luftstrålen \emptyset -*S* vil frembringe Sugning i Røret *Y*, hvorved Sandet rives ind i Luftstrålen og af denne slynges mod Prøvelegemet. Det tilbagekastede Sand samler sig i Fadet *R*, medens Luften undviger ad Vejen *U-X-Æ*, idet den rives med af en gennem Munden *Z* kommende Luftstråle.

For nøjagtigt at kunne overholde Blæsetiden, der oftest er 2-3 Minutter, gør man Brug af Pladen *Q*, der med Haandgrebet *O* kan svinges hen under Tærningen og beskytte denne mod Sandstrålen. Skaalen *R* tømmes for Sand efter hver Blæsning. Ideet man først løfter Apparatets Overdel af og derefter tager Skaalen ud. Sandet bruges kun 1 Gang.

Prøvetærningen hviler paa Ringen *P*, der bæres af 2 Bolte *L* indskruede i Flangen *K*, og fastspændes ved at Spindelen *M*'s øvre Ende drejes med en Topnøgle (se Snit *a-a*). For at en tilfældig Skævhed i Sandstrålen ikke skal medføre en u jævn Fordeling af Sliddet paa Prøvefladen, giver man denne en planetarisk Bevægelse. Medens Sandstrålen Akse *A* er sammenfaldende med Apparatets, ligger Tærningens Akse *B* noget ekscentrisk (se det vandrette Billede foroven), og samtidig med at Tærningen roterer om *B*, kredser *B* om *A*. Dette opnaas, ved at Tærningens *K* er ført op gennem Bøsningen *G* og med Haandsvinget *C*, som drejes ca. 24 Gange i Minuttet. Paa *C* sidder Tandkransen *D*, der er i Indgrib med Tandhjul *E*, der er i Indgrib med den centralt og fastsiddende Tandkrans *H*. Haandhjulets Drejning vil da ikke blot sætte Tærningen i Rotation om *B*, men da Akslen *F* bevæges i en Cirkel om Akslen *A*, vil *B* gøre

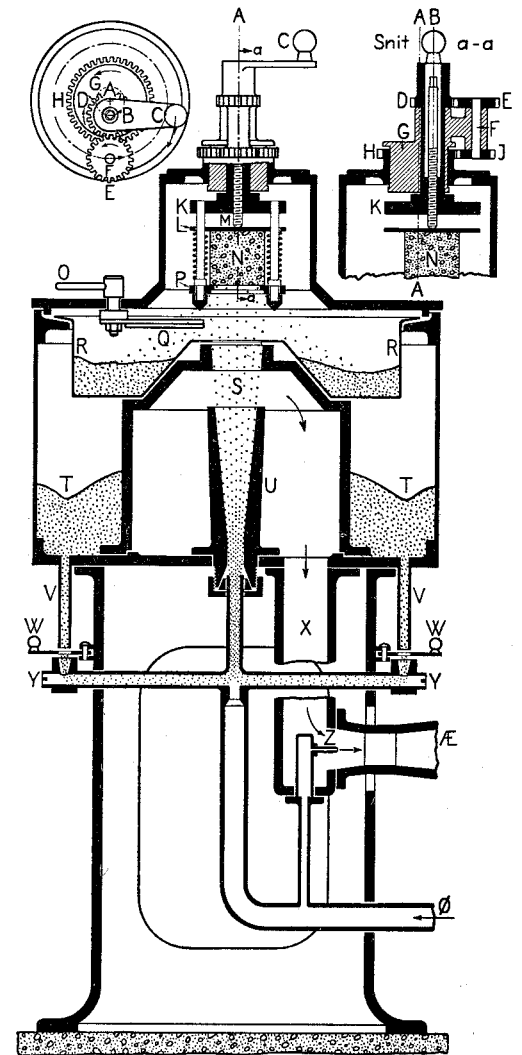


Fig. 62. Sandblæst.

Den koniske Dyse *U* maa udveksles, naar den er slidt for meget. At Apparatets Virkningsgrad altid er den samme. Silkrer man sig ved Kontrollforsøg med ensartede pejl gasplader.

For at faa sammenlignelige Slidfasthedstal maa man stadig bruge samme Sandsort, sædvanligvis fint Kvartsand; i Tyskland har 85 Vægt pct. af Kornene Størrelsen 0,54/0,2 mm, og der bruges ca. 2,9 kg pr. Minut. Er Formålet blot at undersøge et Stofs Struktur, kan det være formaal at afpasse Sandets Kornstørrelse efter Strukturens Fint

Forsøgsværdier. I Laboratoriet for Byggeteknik fandtes at Højdetab ved Blæsning i 3 Min. med Luft Overtryk og med Gulvsand, 0,5/0 mm.

	Rumvægt kg/m ³	Højdetab mm	
Granit	Vang	2700	0,57
	Rønne, blaa	2750	0,63
	Hammer	2640	0,63
	Moseløkke	2630	0,75
	Noir belge	2650	0,73
Kalksten	Granit belge	2700	1,01
	Øland, graa	2670	0,93
	» , flammet	2660	1,06
	» , rød	2630	1,11
	Fakke	2380	1,13
	Travertin	2410	1,51
	Kridtsten	1830	13,41

Ved Blæsning med grovere Sand 2/0 mm (Simrishamn) — af dette bruges ca. 100 g pr. Minut. Blæsetid — fandtes Højdetabet 1,9-2,2 Gange saa stort for de tre blødeste Sten og 1,3-1,9 Gange saa stort for de øvrige, uden at der ellers var nogen Forbindelse med dette Forholdstal og Højdetabet ved Brug af fint Sand.

d. Andre Slidprøver.

63. Kuglemøller. Undertiden fastgøres Prøvelegemerne indvendig i en roterende Støbejerns Tromle (Fig. 63) indeholdende Staalkugler, og for hver 10000

Omdrejninger udtages Prøvelegemerne og vejes. Prøven bruges navnlig i Amerika og navnlig overfor Asfalt og Beton til Vejbygning. Ved at lede Vand gennem Tromlen, som vist, kan det afslidte Materiale bortskylles, saa det ikke beskytter Prøvelegemerne. Tromlen kan f. Eks. gøre $\frac{1}{2}$ Omdr. pr. Sekund. Prøven er noget raa, og Resultaternemaa behandles med Kritik; det er vanskeligt at faa alle Legemerne under ensartede Forhold, selv om man skifter Rotationsretning med regelmæssige Mellemrum. Sliddet sker fortrinsvis langs Prøvelegemernes sammenstødende Kanter, hvor Kuglebanernes Retning ændres, og to Nablegerner har derfor og af andre Grunde Indflydelse paa hinandens Slid. Man bør derfor ikke have flere Slags Materialer i Tromlen samtidig.

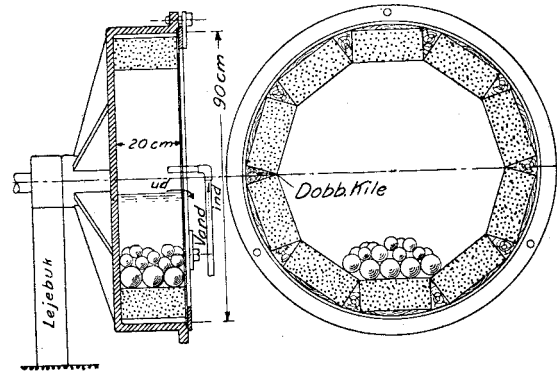


Fig. 63. Kuglemølle.

Skærvers Prøvning omtales i § 298-301.

64. Spindets Maskine, der dog fortrinsvis er bestemt for Prøvning af Metaller, arbejder paa en helt anden Maade end de hidtil beskrevne nemlig med en roterende Staalskive, der skærer sig ind i legemet ligesom en Rindsav. Skiven er 1 mm tyk og uden Tænder; Prøvelegemet, der mali. have en plan Flade, presses mod Skiven med en given Kraft. Forsøget fortsættes, indtil den maksimale Snitdybde er 1 mm. Slidfastheden karakteriseres ved det Antal Omdrejninger, Skiven har maattet gøre for at tilvejebringe Snittet. Under Forsøget tegner Maskinen et Diagram, der med Omdrejningsantallet som Abscisse viser saavel Snittets Dybde som Skærskivens Slid (Diameterformindskelsen) 50 Gange forstørrede; man faar derved Oplysning, ikke blot om Staalskivens Virkning paa Prøvelegemet, men ogsaa om dets Virkning paa Staalet.

e. Bløde Stoffers Prøvning.

65. Bløde Stoffe som Linoleum, Læder, Kautsjuk (Galoscher) kan ikke prøves paa de beskrevne Slibeskiver, da Slibepulveret fastholdes af Stoffet eller ruller i det uden at slide paa det²⁾, saaledes at f. Eks. Linoleum viser sig mere slidfast end Basalt (§ 60). Sandblæst kan heller ikke bruges, da Kornene preller af. De nævnte Stoffe kan prøves paa Slibeskiver med radiære Riller, som tvinger Slibepulveret til at deltage i Skivens Rotation, men oftest foretrakkes andre Fremgangsmaader.

(1) H. I. Hannover har indført Brugen af Sandpapir; det sad paa en Træklovs, der bevægedes frem og tilbage over Prøvelegemet. Da Sandpapiret selv slides under Forsøget og i ulige høj Grad efter Prøvematerialets Art, er Den danske

Statsprøveanstalt senere gaaet over til at lægge det belastede Prøvelegerne ovenpaa en andpapirbane, der glider under det og kun bruges een Gang.

Fig. 65 viser Ordningen: 4 Legemer prøves samtidig; de er fastlimede paa Undersiden af Træklovs og vuggende Bevægelser ikke hindres. Sandpapiret C, der vikles af Rullen E, glider over Bordet H maaler Vejlængden. Prøvelegemets Tryk mod Sandpapiret er kun 0,025 at.

Ved denne Prøvemaade har Statsprøveanstalten fundet ho-staaende Højdetab. Tallene for Træ gælder Sidetræ ≠ og I Fibrene.

	Oftest mm	Mindst mm
Læder	<0,05	<0,03
Linoleum, Gummi	0,05-0,1	»
Eg ≠, Bøg ≠ og ⊥	»	0,03-0,05
Kunsthæder, Eg ⊥	0,07-0,1	»
Fyr ≠	0,1 -0,2	0,05-0,07
» ⊥	»	0,1 -0,2
Korkvarer	0,2 -0,3	0,2 -0,3

St (2) Slibeskiven Fig. 59,1 kan bruges til saavel bløde som haarde toffer og er mere økonomisk end (1) med Hensyn til Forbrug af Slibepapir.

(3) Som Prøvelegeme bruges en Skive med f. Eks. 5 cm Diameter. Prøvelegemet fastgøres paa den nedadvendende Ende af en lodret Akse, der roterer i et med Smærgel fyldt Cylinderglas og frit kan indstilles til Højden. Glasset kan f. Eks. være 15 cm i Diameter og have 10 cm Smærgel over og under Prøvelegemet. Dettes Vægttab bestemmes efter et passende Antal Rotationer. Ved Prøvning af Linoleum maa Skiven sammenlimes af 2 Stykker, saa Linoleets Bagside gemmes. At ikke blot Skivens plane Flader slides, men ogsaa dens Rand, er en Fejl.

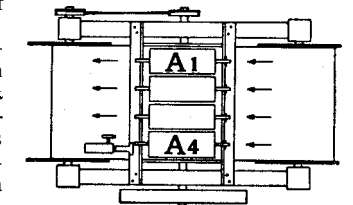
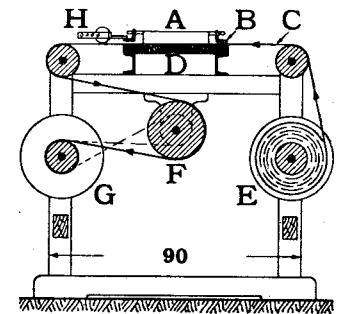


Fig. 65. Prøvning med Sandpapir.

I. Styrke og Elasticitet.

1. Forhold, der paavirker Styrken.

66. Naturstenenes Træk- og Bøjningsstyrke er saa ringe og varierende (§ 86-8), at man ser bort fra den i Styrkeberegninger og kun stoler paa Trykstyrken. Derfor bedømmer man Stenene ved Trykforsøg bortset fra Tagkifere, der i O med deres Anvendelse prøves ved Bøjningsforsøg.

Stenstrukturens Indflydelse. En Stens Styrke afhænger af saa talrige Forhold, at den kun kan bestemmes ved Stykeforsøg. Selvfølgelig er visse Egenskaber som Blødhed og stor Porøsitet uforenelige med stor Styrke, men de afgiver ingen Maalestok for Styrken. Stykeforskellen mellem Granit fra to forskellige Brud kan være meget stor, og selv i samme Brud kan Bænkene have forskellig Styrke. Lagdelte Sten har størst Trykstyrke og mindst Trækstyrke, naar Kraften vinker vinkelret paa Lagene; i en lodret bærende Mur lægges de derfor med Lagene vandret, i en Hvælving' nled Lagene radiært. Sten, der bestaar af sammenvoksede Korn uden Bindemiddel (Eruptiver, Marmor) er som Regel stærkere end **sammenkittede Sten** (Sandsten).

Kornstørrelsens Indflydelse er ikke meget udpræget. Eruptivernes Trykstyrke aftager ofte med voksende Kornstørrelse. Porfyriske Sten staar i Almindelighed tilbage for enskornede. Glasagtige Sten er mindre skøre.

Kornstrukturens Indflydelse. Undertiden sker Bruddet langs Kornenes Gr under tiden tværs gennem Kornene. De fleste Mineraler er kry-

¹⁾ I Kina findes dog Broer byggede af indtil 25 m lange Granitplader (Beton & Eisen 1910, Side 2; Ing. 1921, S. 247).

¹⁾ Meddelelser fra Vejlaboratoriet Nr. 6, Side 5.

²⁾ Dette Fænomen optræder ikke ved Prøvning af skøre Stoffe; naar et blødt og et haardt Mineral slibes mod hinanden med et haardt Pulver imellem, slides det bløde mest.

stallinske, og krystallinske Korn har - i Modsætning til amorge - deres Smaadele ordnede efter Planer, der danner bestemte Vinkler indbyrdes, hvilke Vinkler er særegne for det paagældende Stof. Prøver man en enkelt Krystal, finder man, at der er visse Flader, og i disse visse Retninger, i hvilke **Glidemodstanden** er særlig ringe, og denne Glidemodstand er uafhængig af Fladens Normalspænding. Hvornaar Glidningen, og dermed Bruddet, sker, afhænger kun af den »virk-somme Glidespænding«, d. v. s. Forskydningsspændingens Komposant i den nævnte Glideflades Glideretning.

I nogle Krystaller er der ogsaa visse Flader, i hvilke Trækstyrken er særlig ringe, og denne Trækstyrke er uafhængig af, om der samtidig virker Forskydningsspændinger i Fladen (§ 87).

I et krystallinsk Legeme ligger Krystallerne tilfældigt orienterede, og naar Legemet udsættes for et - f. Eks. lodret - Tryk, vil de deformeres i uens Grad og derfor faa uens Spændinger. Den vandrette Tværudvidelse vil derfor ogsaa variere fra Krystal til Krystal, hvorved Krystallen faar en vandret Spænding, Træk eller Tryk, eftersom Nabokrystallernes Tværudvidelse er større eller mindre. Summen af disse Spændinger i et lodret Snit, maa være Nul, da der ingen ydre, vandrette Kræfter virker. En saadan Krystalspænding - den benævnes undertiden **vagabonderende** - kan naa Brudværdien, uden at Legenet straks brydes, fordi de tilgrænsende Krystaller har andre Spændinger, men et saadant lokalt Brud paavirker naturligvis Deformationen. Lagdelte Korn, som Glimmerkorn, kan derfor svække.

67. Vandindholdets Indflydelse. Vaade Sten er ofte svagere end tørre, hvilket bl. a. kan skyldes, at Vandet opløser eller opbløder nogle af Stenens Bestanddele. Krystallinske Sten som Eruptiver og Marmor svækkes kun i ringe Grad, men porøse Kalksten, Kalk-Sandsten og Sten, der indeholder Ler eller Mergel kan svækkes stærkt, saaledes at de brudfugtige Stens Træk- og Trykstyrke undertiden kun er henholdsvis $\frac{1}{2}$ og $\frac{2}{3}$ af de tørres.

Da Vand ikke blot svækker Natursten, men alle finporøse Stoffer, har man søgt at forklare Svækkelsen ved Ændring af de **kapillære Kræfter**.

Ligger Stenen i Vand, og har den vandfyldte Porer, paavirkes den ikke af kapillære Kræfter, og Styrken bestemmes da alene af Stenmaterialet. Henlægges den til Tørring, opstaar der konkave Vandoverflader i alle Overfladens Poremundinger, og Vandets Overfladespænding virker som et alsidigt ydre Tryk, der forstærker Stenen, omend kun i ringe Grad, da Antallet af Poremundinger er forholdsvis faa. Efterhaanden som Udtørringen skrider frem, tømmes de grove Porer først, og alle de fine Porer, som udmunder i dem, faar da frie Vandoverflader, saaledes at disses Antal forøges stærkt; dels af denne Grund og dels fordi det Tryk, Vandoverfladen fremkalder i Porevæggens Længderetning, vokser meget stærkt med aftagende Porediameter, bliver de sammenholdende Kræfter større, efterhaanden som Udtørringen skrider frem. Denne Forklaring forudsætter, at Stenen aldrig kan blive helt tør; Vandet i de fineste Haarrør maa være saa stærkt bundet, at det ikke kan fjernes hverken ved Opvarmning eller ved kemiske Midler.

Af Hensyn til Vandindholdets Indflydelse paa Styrken maa man opgive, om Stenene er prøvet i tørret, stuetør eller vandmættet Tilstand.

Tørringen sker ved Opvarmning til 50°, Vandmætningen ved saa lang Tid's Henliggen i Vand, at Stenene i de sidste 6 Timer ingen Vægtforøgelse viser.

Styrketabet har intet at gøre med Mængden af det optagne Vand, som det vil ses af hestaaende Tabel, der angiver Middeltal af en Mængde Forsøg udført paa Prøveanstalten ved Berlin.

Stenart	Trykstyrke		Vand-optagelse	Styrketab ved Vandmætning	
	lufttør	vand-mættet			
Basalt	3111 at	2911 at	0,41%	200 at	6,4%
Granit	1834 »	1774 »	0,62 »	60 »	3,3 »
Kalksten	1000 »	803 »	2,44 »	197 »	19,7 »
Sandsten	761 »	693 »	5,93 »	68 »	8,9 »

68. Langvarige og vekslende Spændingers Indflydelse. Langtidsforsøg med hvilende Last foreligger formentlig ikke.

Paa danske Kirkegaarde kan man træffe tynde Marmorplader i hældende Stilling, f. Eks. dannende 60° med Jordoverfladen, og støttede forneden og foroven, som i Aarenes Løb har krummet sig. Paa General Olaf Ryes Grav nær Unitarernes Hus paa Garnisons Kirkegaard i København findes to, opstillede 1847 og 1882, af hvilke navnlig den 1' er stærkt krum (Fig. 68). Paa Lorens Fiskers Gravsted paa Holmens Kirkegaard findes en lignende Plade opstillet i 1889. Disse tre Plader vender alle Konkaviteten opad, skønt de er uens orienterede i H t Verdensh. e l. Disse tre Plader vender alle Konkaviteten krummet dem, men herimod taler, at Pladen paa Lorens Fiskers Gravsted har en skaalfonnet Krumning. Denne bliver forstaaelig, hvis man antager, at Krumningens skyldes en af følgende Aarsager:

(1) Isdannelse i Porerne paa Pladens Underside, hvis Vandindhold i Vinterens Løb muligvis er større end Oversidens.

(2) Saltudskillelser i Undersidens Porer, der ikke holdes rene af Regn.

(3) Talrige Vædninger og Udtørninger af Pladens OverSide - se § 104 næstsidste Stykke.

Men ingen af disse Forklaringer stemmer med, at jeg paa Boeslunde Kirkegaard - hvor der findes adskillige krumme Plader - har fundet nogle, der vender Konkaviteten nedad. En nærliggende Tanke er, at Krumningerne skyldes en Udløsning af Egenspændinger, men Spændinger af denne Natur synes uforklarlige.

Hyppe Spændingsvekslinger svækker Natursten, som de svækker Metaller (*Byggematerialer* I, 1920, § 293).

Ved Forsøg med Staal har man fundet, at naar en given Spændingsveksling taales 10 Millioner Gange, taales den vedblivende, og man gaar ud fra, at dette ogsaa gælder for Sten og Bet'n, og afbryder derfor Forsøget efter nævnte Antal Vekslinger.

For Sedimenter i tør Tilstand har man fundet:

	⊥ Lagene	≠ Lagene
Tryk-Udsvingsstyrke	0,72 SC - 0,87 SC	0,60 SC - 0,81 SC
Tryk-Træk-Svingningsstyrke	0,55 St - 0,83 St	0,65 St - 1,00 St

hvor S^c og S^s er den statiske Tryk- og Trækstyrke.

For en af ovennævnte Stenarter, hvis Tryk-Udsvingsstyrke i tør Tilstand var 0,87 SC, fandtes i vaad Tilstand kun 0,32 SC, og S^c var $\frac{2}{3}$ af den tørre Stens.



Fig. 68.

Krum Marmorplade paa Olaf Ryes Grav.

2. Trykelasticitet.

69. Alle Natursten er skøre og brydes uden store lodrudsaaende Formændringer i **Arbejdslinien** (Fig. 69) er ofte ret indtil højt op over den tilladelige Spænding. hvilket navnlig gælder Eruptiver og Marmor saafremt disse Sten er uporøse og uforvirede. I andre Tilfælde krummer Arbejdslinien stærkt og vender da lige saa ofte Konkaviteten mod σ -Aksen som mod ϵ -Aksen. det første træffes navnlig hos Sandsten, men ogsaa hos Granit²⁾ og Marmor, og skyldes maaske, at Stenfen før, under eller efter Brydningen har faaet Mikrorevner under Paavirkning af stærke Kræfter.

Granits Arbejdslinie kan være saa konkav mod σ -Aksen, at $E (= \sigma : \epsilon_{total})$ er 50% større ved 250 at end ved 30 at.

Kurverne paa Fig. 69 fandtes i *Laboratoriet for Byggeteknik* ved en enkelt kontinuerlig, langsom

nylig stillede parallelt. ydelsen mod h. Inanden, da jeg første Gang iagttog dem, men er

²⁾ Frank D. Adams: An Investigation into the Elastic Constants of Rocks, Washington 1906.

Belastning og Aflastning. Den store Afstand mellem Opgangs- og Nedgangskurven er kun delvis en Følge af Prøvelegemets blivende Forkortelse, thi Afstanden er størst ved 100 at 150 at; iøvrigt synes Forskellen at kunne forklares ved, at blivende Skridninger i Krystallerne indtræder ved Spændinger, der varierer med Krystallernes Art og Orientering. Forudsættes dette, kan man gennem Betragtninger analoge med de i *Byggematerialer* 1, 1920 ved Fig. 21 anstillede forklare, at Belastningen fremkalder Egenspændinger, og at nlan ved gentagne Belastninger opnaar en konstant Tilstand, i hvilken Belastnings- og Aflastningskurven lukker sig forned. Da Egenspændingerne i nogen Grad udlignes i Tidens Løb, kan to Elasticitetsforsøg med en Hvileperiode imellem give forskellige Værdier af E . For et Granitprøvelegeme kan E vokse mellem to Forsøg.

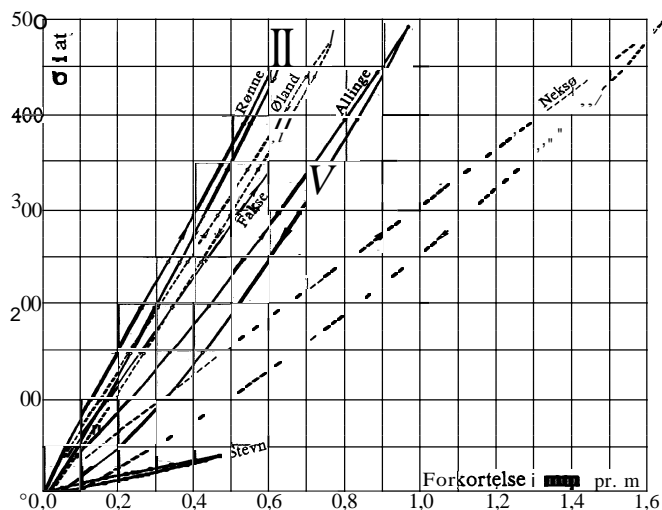


Fig. 69. Trykarbejdslinier for Granit fra Rønne og Allinge, Kalksten fra Øland, Fakse og Stevns, Sandsten fra Nekso.

Elasticitetstallet ved smaa Trykspændinger kan for stuetørre Sten f. Eks. have hosstaaende Værdier, men ofte træffes Værdier, der kun er en Brøkdel af de anførte, og overhovedet er Naturstenenes elastiske Egenskaber saa vekslende med de geologiske Paavirkninger, som Stenen har været udsat for, at man kun kan faa paalidelige Oplysninger ved at prøve selve den foreliggende Sten eller Sten fra samme Brld og fra samme Bæk i Bruddet.

Vaade Sten kan, naar de er porøse, være langt mere eftergivende end i tør Tilstand, Sandsten f. Eks. 50%.

Temperaturens Indflydelse er undersøgt for en japansk Sandsten. E var størst ved 9°C og sank ca. 0,5% for hver Grads Afvigelse fra denne Temperatur. Eruptivers E paavirkes næppe væsentligt af moderate Temperaturvariationer. Se ogsaa § 101.

Poissons Tal for den elastiske Tværuddvidelse er ofte 3,5-4 for Marmor og 4-5 for Granit (§ 70).

Kompressibilitet: Naar Natursten presses fra alle Sider, formindskes Rumfanget 0,1-0,8% pr. 1000 at; Marmor: 0,2-0,3%, Granit: 0,3-0,4%; de største Værdier træffes hos Sandsten, de mindst hos kvartsfri Eruptiver.

Murværks Arbejdslinie er hyppigst konkav mod ϵ Aksen, og E er altid mindre end den paagældende Stens.

For Granitpiller af Kvadersten med 2-3 cm tykke Cementmørtelfuger og uden Stødfuger er fundet $E = 200-400$ t/cm².

Forsøgsteknik. Nogle af de Finmaalingsinstrumenter, som bruges ved Elasticitetsforsøg er omtalt i *Byggematerialer* 1 1920. Spejlapparater kan ikke befæstes umiddelbart paa Sten, da Staalprismets Egødelægges; derfor fastgøres - med Gips eller Skællak - ved Maalelængdens Ender smaa Stykker Kobberblik ca. 1/2 mm tykt, hvori Eggenekan bide sig fast.

Egenfrekvensen ved Svingningsforsøg kan brllges til Bestemmelse af E (§ 101).

70. Mineralernes Elasticitetstal it/cm² er efter Reich og andre aftagende med voksende Surhed hos Mineraler:

Korund	5200	Labrador	890	Glimmer	590
Augit	1328	Feldspat	820	Kvarts	510
Hornblende ..	1045		719	Stensalt	300
Kalkspat	990				

Naturstenenes Elasticitetstal er af tilsvarende Størrelse - $E = 500-1000$ t/cm² - saafremt Stenene er helt porefri og uforvitrede, medens man for stærkt porøse Sten kan komme ned paa 1% af dem og for forvitrede Sten ogsaa finder langt lavere Tal. For to Granitlegemer fra samme Brud fandt Bach, at E^c var henholdsvis 402000 og 255000 at, skønt Legemerne var fuldkommen ens at se til. Først ved en mikroskopisk Undersøgelse kunde man konstatere, at det svage Legeme maatte stamme fra en Forvittringszone, idet den mørke Glimmer var affarvet og havde udskilt Jærnhydroksyd, Feldspaten viste ogsaa Forvitringstegn, og der var Revner i Kvartsen.

Basiske Eruptiver har ofte $E > 700$ t/cm², sure $E < 600$ t/cm²; basiske faar ogsaa mindre blivende Formændringer end sure, Dagebjærgarter har en større Værdi af E end de tilsvarende Dybbjærgarter.

Ved Forsøgene i Fig. 69 fandtes ved 1' Belastning af stuetørre Sten hosstaaende Værdier af E_{total} ved $\sigma = 100$ at, Ogsaa Rumvægt, Trykstyrke samt den blivende Forkortelse ved $\sigma = 500$ at i% af den totale er meddelt.

En Del Værdier af E_{total} for udenlandske Sten er sammenstillede nedenfor³⁾.

Basalt i uforvitret Tilstand har gerne $E = ca. 1000$ t/cm² og saavel EG som PG liggende over 1000 at. For forvitret Basalt kan E være halvt saa stor og EG og PG ligge ved Nul, og de blivende Sammentrykninger ved 200 og 1000 at kan udgøre henholdsvis 9 og 13% af de totale. Maaske kan man regne $E = 325$ S.

Diabas: $E = 550-800$ t/cm²; blivende Sammentrykning ved 1000 at : 1-3% af den totale. Poissons Tværuddvidelsestal: $m = 3,1$.

Gneis: $E = 75-1000$ t/cm²; $m = 2,7-6,6$. For et Legeme, der først blev trykket \neq Lagene og derefter \perp Lagene, fandtes henholdsvis 316 og 102 t/cm²; havde Rækkefølgen været den modsatte, havde man maaske fundet andre Tal.

Granit: $E = 150-800$ t/cm²; den blivende Sammentrykning ved 200 og 800 at kan udgøre indtil 8, henholdsvis 7% af den totale; for m er fundet Værdier op til 11. Maaske kan man regne $E = 300$ S + 50%.

Kvartsit: $E = ca. 800$ t/cm², naar $S = 4400$ at.

Kalksten: $E = 20-1100$ t/cm², hyppigst 300-600. Muslingekalksten: $E = 70-800$ t/cm². Marmor Blane Clair fra Italien: Fuldkommen elastisk med retliniet Arbejdslinie indtil $\sigma = 800$ at; $E = 850$ t/cm²; $m = 4,3$ ved 200 at, 3,4 ved 800 at.

Sandsten: Trykarbejdslinien plejer at vende Konkaviteten mod a-Aksen, hvadenten den optegnes med de totale, elastiske eller blivende Værdier af ϵ . Den blivende Forkortelse kan ved smaa Spændinger udgøre Indhl 60% af den totale svarende til $E_{elastisk} = 2,5 \cdot E_{total}$; ved større Spændinger er Procenten langt lavere. E_{total} er meget forskellig efter Stenens Art: 9-370 t/cm²; hyppigst findes 100-200 t/cm². For broget Sandsten fandtes $E_{elastisk} = 100$ t/cm²; ved smaa Spændinger fandtes $m_{total} = 1,8-2,8$ og melastisk = 2,6-7,5, ved 200 at fandtes Værdier helt ned til 0,8. Andre Forsøg har givet $E_{elastisk} = 222$ og $E_{total} = 150$ t/cm².

De blivende Sammentrykninger ved en given Spænding σ kan hos nogle Sten - Sandsten, Granit - være ret forskellige, eftersom de foregaaende Spændingsvekslinger er foregaaet efter Skemaet ($O-a_1$), ($O-a_2$), ($O-a_3$) eller efter Skemaet ($O-a_1$)' (a_1-a_2), (a_2-a_3)' selvom hver Spændingsveksling gentages, indtil en konstant Tilstand i llysyneladende er naet. I første Tilfælde er den blivende Sammentrykning væsentlig mindre end I Sidste, omens den totale Sammentrykning er omtrent ens.

3. Trykstyrke.

a. Styrketal.

71. I hosstaaende Taber er for en Del hyppigt brugte Stenarter indført de Yde $\frac{E}{\epsilon}$ for rrykstyrken (σ), man træffer i Litteraturen. Korrekte Middeltal (f. Eks. for alle prøvede Graniter Jordan over) foreligger naturligvis ikke, og som Erstatning er der i 1' Spalte indført nogle skønnede Middeltal, ved hvis Dan-

nelse der i højere Grad er lagt Vægt paa karakterisere de i Danmark brugte Sten end paa at karakterisere den paagældende Stenart i Almindelighed.

Disse Tal gælder for Tærninger eller lignend lave Prøvelegemer i tør Tilstand. Vandindholdets og Strukturens Indflydelse paa Styrken omtales i § 66-7.

	Middel	Min.	Maks.
Basalt	2600	900	5800
Granit	2500	800	3000
Gneis	2000	480	3500
Diorit	2000	1000	2900
Porfyr	1800	1000	5200
Syenit	1400	800	2500
Marmor	1000	350	3500
Kalksten, tætte	700	400	2800
Sandsten	700	200	3200
Kalksten, porøse	100	65	240

¹⁾ ved $\sigma = 10$ at. ²⁾ ved $\sigma = 20$ at.

³⁾ Forsøgene er udført af Bauschinger, Bach, Graf, Roß, Saenger & Stoecke. Se *Der Strassenbau* 1931, S. 311 og E. M. P. A. *DISKussionsberzchi* Nr. 28, Juni 1928 samt *Beton und Eisen* 1926, S. 405 (Graf).

Hvis man udregner, hvor høj en Pille kan være uden at knuses af sin egen Vægt - en Størrelse man passende kan kalde **Bærehøjden** - bliver den:

$$H = \frac{S}{\gamma} \cdot 10 \text{ Kilometer.}$$

For Granit findes da $2500 \cdot 10 : 2700 = 9,3 \text{ km}$, for Gran $300 \cdot 10 : 450 = 6,7 \text{ km}$, for blødt Staal $2800 \cdot 10 : 7850 = 3,6 \text{ km}$, for Beton $300 \cdot 10 : 2300 = 1,3 \text{ km}$.

Murværks Trykstyrke er langt mindre end de enkelte Stens og ganske afhængig af Mørtlen og Forbandtet. Murværkspiller af Kvadersten uden Stødfuger og med 2-3 cm tykke Lejefuger af Cementmørtel kan være halvt saa stærke som Stenen i Tærningform. Stødfuger forringer Styrken stærkt.

b. Forsøgstekniske Forhold, der paavirker Trykstyrken.

72. Brudmaaden afhænger af Friktionen mellem Pressens Trykplader og Prøvelegemet, idet de naturlige Brudflader ikke kan danne sig indenfor det friktionspaavirkede Omraade.

Ved almindelige Trykforsøg nled **Tærninger** eller lave Cylindre slrer Bruddet som Fig. 72 øverst t. v. viser, hvorom nærmere i *Byggematerialer I 1920*, § 63-70.

I Marmor danner der sig undertiden forud et System af skraa Glideflader ligesom i Støbejern.

Friktionen er des Illindre, jo glattere Trykfladerne er, og jo mindre Legemets Tværuvidelse er.

En matematisk Formulering af Spændingstilstanden har man ikke kunnet give. At Legemet tilstræber Tøndeform, saaledes at dets Sidefladers Vinkel med Trykfladerne ændres fra en ret til en stump, viser, at der i Vinkelspidsen maa være Trækspændinger vinkelret paa Brudfladen eller i alt Fald ske Forlængelser i denne Retning¹⁾.

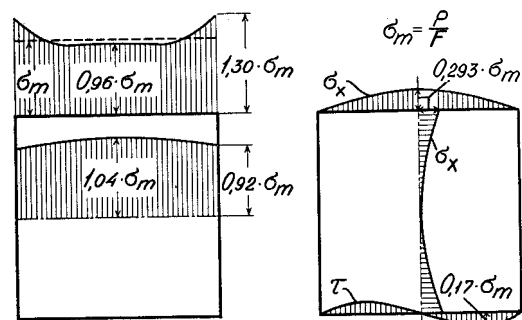


Fig. 72.1. Spændinger i en kvadratisk Skive.

Ved Forsøg med **slankere Legemer** af homogent Materiale sker Bruddet ofte paa een af de 3 tilvenstre i Fig. 72,2 viste Maader, og det er sandsynligt,

1) Georg Wiistlund: Untersuchungen tiber die Festigkeit von Beton, Stockholm 1934.

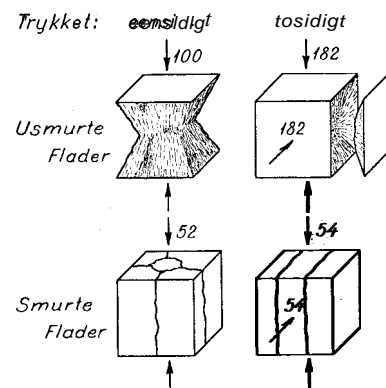


Fig. 72. Cementmørtels Brudmaade og relative Styrke under forskellige Forhold.

Spændingsforholdene i en kvadratisk Skive (Fig. 72.1) af forsvindende ringe Tykkelse, der paavirkes af Kraften P gennem absolut stive Trykplader, er udregnede af Timosenko (The Philosophical Magazin, June 1924) under Forudsætning af, at Trykfladerne F forbliver plane og er fuldkommen fastholdt af Friktionen. Resultatet er, at den lodrette Trykspænding σ_y vist tilvenstre - ikke er jævnt fordelt, i Endefladerne er den størst langs Kanterne, i det vandrette Midtersnit er den størst i Centrum. Den vandrette Trykspænding σ_x vist tilhøjre - er størst i Endefladernes Centrum; herfra aftager den saavel ud mod Kanterne som mod det vandrette Midterplan. I Endefladerne varierer Forskydningsspændingen τ som vist.

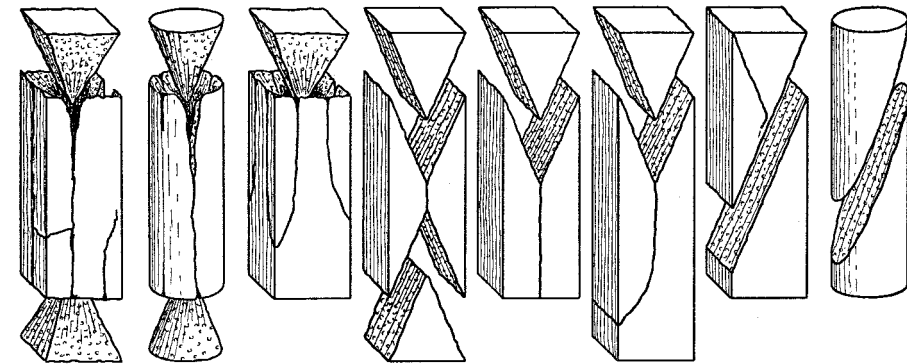


Fig. 72.2. Brudformer.

at de Pyramide- eller Kegleflader, der danner sig ved den ene eller begge Trykplader, er de primære Brudflader. Efter disses Dannelse virker Pyramiden eller Keglen som en Kile, der sprænger Legemet helt. Hvis der ikke er Styrkesymmetri om den lodrette Akse, kan Bruddet ske, som de følgende 3 Prismer viser, eller være et eensidigt Forskydningsbrud - de to sidste Legemer. Hvis een af de ens paavirkede Flader er svagere end de andre, begynder Bruddet i denne, og dermed ophører Spændingsymmetrien.

Naar Prismet er saa lavt, at den øvre og nedre Pyramide griber ind i hinanden, er Styrken endnu paavirket af Friktionen, først naar Prismet bliver saa slankt, at dette Indgreb ophører, finder man den sande Brudstyrke, der er lavere end 'tærningstyrken, ikke blot fordi Friktionen er uvirksom, men ogsaa fordi Antallet af svage Flader vokser med Prismets Højde.

Sidetryks Virkning. Hvis man under et Trykforsøg udsætter Prøvelegemets lodrette Flader for et passende stort Vædskestryk, kan de sædvanlige Brudrevner ikke danne sig, og naar det lodrette Tryk forøges tilstrækkeligt, vil Ste-

nen deformeres som et plastisk Stof (*Byggematerialer I*, 1920, § 71 og *Jærnbeton* 1931, § 176), idet der sker Glidninger i Kornenes Glideflader (§ 66). Navnlig Marmor lader, sig let deformere paa denne Vis (Fig. 72,3).

Hvor meget Betonlegemers Trykstyrke (σ_1) kan forøges, naar der paa Sidefladerne virker ulige store Vædskestryk ($\sigma_2 = \sigma_3$) frengaar af følgende Forsøgl):

$\sigma_2 = \sigma_3 = 0$	100	350	510
$\sigma_1 =$	362	935	1830

Naar Cementmørteltærninger 1:3 knuses dels paa almindelig Maade ($\sigma_2 = \sigma_3 = 0$), dels ved Hjælp af et Trykkors (Fig. 72,4), der giver $\sigma_1 = \sigma_2, \sigma_3 = 0$, kan Brudmaaden og den relative Styrke være som vist paa Fig. 72 øverst til højre.

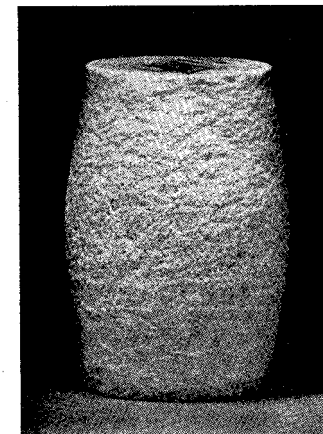


Fig. 72.3. Marmorcylinder efter alsidigt Trykforsøg. Sidetryk: 500 at 1).

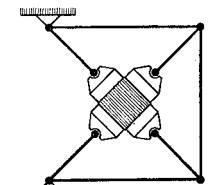


Fig. 72.4. Trykkors.

Smøres Trykfladerne (§ 75), ændres Forholdene som vist nederst til højre.

¹⁾ L. der E.M.P.A. Nr. 28, Zürich 1928 (Roß & Eichinger). Se ogsaa f.M. Zürichkongres 1931, 2. Bind, S. 534.

73. Prøvelegemet Slankhedpaavirker Styrken efter en Lov, der er anskueliggjort i Fig. 73. Styrkens Aftagen med Prøvelegemet voksende Slankhed skyldes i overvejende Grad, at Friktionens forstærkende Virkning kun kan mærkes indtil, en vis Afstand fra Trykpladerne. Naar Prismet er saa slankt, at de naturlige Brudflader, kan danne sig uafhængigt af Friktionen, finder man en Styrke, der er omtrent uafhængig af Slankheden og altsaa i højere Grad en Materialkonstant end den af Friktionen afhængige Tærningestykke ST .

Hvis Kurven tegnes med $a : h$ som Abscisse, bliver den til en l'et Linie med Ligningen:

$$\frac{S}{S_0} = 0,687 + 0,313 \cdot \frac{a}{h}$$

Sættes $a : h = 0$, findes Styrken af et meget slankt Prisme, hvis Udbøjning er hindret, at være $S_0 = 0,687 ST'$ og denne Værdi maa betragtes som Materialets sande - af Friktionen uafhængige - Trykstyrke. Naar den indføres i ovenstaaende Udtryk, faas:

$$\frac{S}{S_0} = 1 + 0,456 \cdot \frac{a}{h}$$

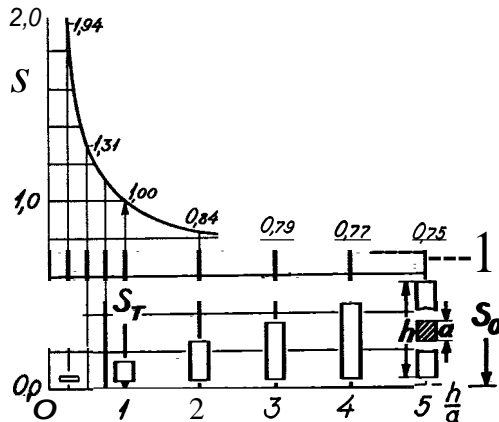


Fig. 73. Stenprismers Trykstyrke med Tærningestykke som Enhed.

Størrelsen 0,456 gælder kun for den tegnede Middelkurve. Et Overblik over de Faktorer, der bestemmer den, faar man ved at skrive Ligningen:

$$\frac{S}{S_0} = 1 + (\varphi + \alpha) \cdot \frac{a}{h} \quad (1)$$

idet φ og α er Konstanter, af hvilke φ alene afhænger af Friktionen, og α alene af Materialet. Er $\varphi + \alpha = 0$, bliver Kurven til den punkterede vandrette Linie. Er der ingen Friktion ($\varphi = 0$), vil Linien hælde svagt, fordi Mulighederne for svage Steder vokser med Prismets Højde; α er altsaa en lille Størrelse, og' hvis Prismet er homogent, er $\alpha = 0$. Forudsættes dette, havas:

$$S = \left(1 + \varphi \cdot \frac{a}{h}\right) \cdot S_0$$

Indføres Tærningestykke: $ST = (1 + \varphi) \cdot S_0$

faas: $S = \left(\frac{1}{1 + \varphi} + \frac{\varphi}{1 + \varphi} \cdot \frac{a}{h}\right) \cdot Sp, \quad (4)$

Friktionskraftens Størrelse afhænger ikke blot af Fladernes Glathed, men ogsaa af Materialets Tværuddvidelse. Visse - meget porøse -- Stoffer som Cellebeton har $\varphi = 0$, fordi de ligesom Kork fortættes uden Tværuddvidelse. Gennemgaar man foreliggende Forsøg med Beton, Sandsten og Kalksten, findes φ rettere $\varphi + \alpha$ at ligge mellem 0,18 og 1. Disse Variationer skyldes naturligvis ikke blot Prøvelegemet, men ogsaa Trykpladernes Tilstand.

Formel (4) er i Overensstemmelse med Bauschingers Formel:

$$S = (k + (1 - k) \cdot \frac{\sqrt{F}}{h}) \cdot Sp \quad (5)$$

som senere er blevet bekræftet af Bach, og som gælder, naar $0,17 \sqrt{F} < h < 5 \sqrt{F}$.

Tværsnitsformen har kun ringe Indflydelse paa Styrken. For ikke kvadratiske, Tværsnit gælder Formlerne (1)-(4) som Regel godt nok, naar man indfører \sqrt{F} i Stedet for a . En fuldkomnere Overensstemmelse opnaas ved at ombytte (4) med:

$$S : Sp = \left(\frac{1}{1 + \varphi} + \frac{\varphi}{1 + \varphi} \cdot \frac{\sqrt{F}}{h} \right) \cdot \sqrt{\frac{1}{F} : \frac{1}{4} u} \quad (6)$$

hvor u er Tværsnittets Omkreds.

Cirkulære Tværsnit er lidt stærkere end kvadratiske, nemlig ca. 6%, naar $\sqrt{F} : h$ er ens, altsaa naar h er ens og $d = 1,13 a$; dette finder man af (6) uanset Stenarten. Ogsaa for $d = a$ er det cirkulære Tværsnit stærkest, og Forskellen vokser med $h : d$ 0,3 1,3 4
 $h : d$ Af Bauschingers Forsøg med Sandsten kan udledes hosstaaende Styrke- SO: S 1,0 1,08 1,11 forhold.

74. Prismestykke. Den Styrke, man finder med 'Prismer, hvis Slankhed er mindst 2 og ikke overstiger den Værdi, ved hvilken Faren for Udbøjning begynder, plejer man at kalde Prismestykke; den er altsaa ikke skarptdefineret. Forholdet mellem Prisme- og Tærningestykke er ikke konstant, dels af nævnte Grund, dels fordi Kurvens Stigning mod venstre afhænger af Friktionen, altsaa af Legemets Tværuddvidelse og af Trykpladernes Glathed (§ 73).

Naar to Laboratorier finder Forholdet forskelligt for samme Materiale, maa man antage, at det overvejende skyldes Friktionsforskelle ved Tærningeforsøget.

Forholdet mellem Prisme- og Tærningestykke vokser undertiden med aftagende Tærningestykke, maaske fordi ringe Tærningestykke ledsages af stor Porøsitet og ringe Tværuddvidelse, maaske fordi Prismestykken i højere Grad end Tærningestykken bestemmes af enten Forskydnings- eller Trækstyrken, der begge aftager langsommere end Tærningestykken.

Bauschingers og Bachs Forsøg med Sandsten giver Værdier mellem 0,67 og 0,85. For Kalkstensprismer med kvadratisk Tværsnit (Sidelinie $a = 15$ cm) fandt Kreiiger følgende relative Styrketal:

$h : a =$	1	1,7	3,3	5,0	6,7	8,3	10
$S =$	100	57	53	53	51	50	41

altsaa et væsentlig lavere Forhold.

For Beton findes hyppigt $Sp : ST = 0,70-0,85$. De lave Værdier træffes hos Rundstensbeton, de høje hos Skævebeton. Støbejernscylindre med $h : d = 2-3,5$ er derimod kun 5% svagere end naar $h = d$.

75. Forsøg med "smurte Flader. Smøres en' Tærnings Trykflader med Paraffin eller Stearin, brydes den under Dannelse af lodrette Prismer (Fig. 72 nederst t. v.), og samtidig findes Styrken mer eller mindre stærkt forringet. Under disse Forhold skyldes Bruddet utvivlsomt vandrette Ringspændinger i Tærningens Skal forårsagede af den udflydende Paraffin. Denne paavirker Tærningens Endeflade med udadrettede Friktionsspændinger, mens den ellers af indadrettede, og desuden medfører Paraffinen 'en Omfordeling af de lodrette Trykspændinger, idet disse formindskes langs Periferien, hvor Paraffinen ret uhindret kan flyde ud, og forøges i Kærnen, hvor Paraffinens Udflyden er hæmmet af den langs Tærningens Endeflade og langs Pressens Trykplade virkende Friktion, der vokser fra Periferien mod Centrum. Det lodrette Tryk koncentrerer derved i Kærnen, og ved dennes Sammentrykning og Tværuddvidelse opstaar ligeledes Ringspændinger, der sprænger Skallen.

Hvis man ved Smøring kunde ophæve Friktionen uden at faa disse Bivirkninger, maatte man vente, at slanke Prismer vilde vise ens Styrke, enten Endefladen var smurt eller usmurt, eftersom slanke Prismers Styrke ikke kan antages at paavirkes af Friktionen, men paa Grund af de nævnte Bivirkninger virker Smøring altid skadeligt.

Ved Forsøg i Ztirich med Marmorprismer $a \cdot a \cdot h$ Uden Paraffin 106 100 94 93
 fandtes hosstaaende relative Trykstyrker. Med 39 42 49 51

Indlæg af blødt Papir kan have en 'lignende Virkning.

Ombyttes PaFaffinlaget med en vandfyldt Kautsjukpude, tvinges den lodrette Trykkraft til at fordele sig jævnt over Kærne og Skal, men den udadgaende

Friktion ophæves ikke. Under disse Forhold "fandt A. Foppl, at Cementmørtels Tærningstyrke var 72 % af den normale. Naar ogsaa den udadgaende Friktion ophævedes ved Indlægning af 0,1 mm tykt Messingblik mellem Pude og Tærning, steg dennes Styrke til 85 % af den normale, altsaa til en Værdi, der ligger indenfor det Omraade, paa hvilket Prismestyrken bevæger sig.

c. Trykforsøgs Udførelse.

76. Normale Prøvelegemer. Til Trods for at Prøvelegemer med $h \geq 2a$ burde foretrækkes, har de ikke hidtil fundet almindelig Anvendelse.

Tærninger er mest brugt, og man plejer at vælge Sidelinien mellem 4 og 7 cm, sjældnere indtil 20 cm.

Principielt er store Prøvelegemer at foretrække for smaa, navnlig naar Stenen har meget store Korn eller paa anden Maade er uensartet. Naar man ikke desto mindre plejer at bruge ret smaa Prøvelegemer, skyldes det forsøgstekniske Vanskeligheder. Det viser sig nemlig, at lignedannede Prøvelegemers Styrke aftager med voksende Størrelse; jo større Elldefladerne er, des vanskeligere faar man dem nemlig helt plane, og manglende Planhed nedsætter Styrken meget. Er Prøvemaskinens Trykplader blevet hule ved Slid, nedsættes Styrken paa samme Maade, og mestnaar Legemet er stort.

Store Prøvelegemer giver altsaa regelmæssigere, men iavere Værdier end smaa.

Fra tysk Side anbefales det ikke at gaa under 4 cm, og hvis Stenen er storkornet eller paa anden Maade uensartet ikke under 6 cm. Med 6 cm Sidelinie findes ca. 5 % lavere Styrke end med 4 cm Sidelinie. Kreilger fandt, at Trykstyrken halveredes, naar Tærningens Sidelinie voksede fra 6 cm til det 3dobbelte.

Cylindriske Prøvelegemer er lettere at fremstille end Tærninger, da de kan bores ud af Stenen med enten et Diamantbor eller et blødt Staalrør og Slibepulver, og de er lige saa egnede.

Ofte bruges Formen $h = d = 5$ cm, der giver omtrent samme Styrke som en 4 cm Tærning (§ 73). For Granitcylindre med $h = d = 2,5$ cm fandt Schliiter 16 % større Styrke end med $h = d = 5$ cm.

Prøvelegemernes Antal er ofte 4-6. Enkeltværdierne af Styrken afviger hyppigst 5-20% fra Middelværdien.

Prøvelegemets Tildannelse. Stenelles Skørhed nødvendiggør en varsom Tildannelse af Prøvelegemerne med Sav eller lignende Værktøj; Mejselhug kan virke skørnende og nedsætte Styrken. Trykfladerne gøres planparallelle ved Høvling eller Slibning; de skal være meget plane, Højdeforskellen mellem en Flades højeste og dybeste Punkt bør ikke overstige 0,02 mm. Lagdelte Sten trykkes vinkelret paa Lagene, naar ikke andet er aftalt.

Trykfladernes Tilslibning kan ske paa Bohmes Skive (§ 59) enten med en kredsende Haandbevægelse eller fastholdt paa normal Vis; der slibes med Smærgel eller fint Sand. Saadanne løse Korn afsliber dog Prøvelegemets Rande stærkere end Midten; Fræsning med Karborundumskive (§ 239) giver planere Flader.

Forsøgsmaade. Hvis Trykket virker ekscentrisk, forringes Brudlasten, derforer Maskinens Trykplader forsynede med indridsede Kvadrater eller Cirkler, hvis Midtpunkt falder i Trykaksen, og ved hvis Hjælp man nøjagtigt kan centrere Prøvelegemet, og mindst den ene Trykplade er lejret i en Kugleskaal, hvorved den selv indstiller sig saaledes, at Trykkets Resultant gaar gennem Aksen.

Forsøgshastigheden bør ikke overstige 15 atjsec. Jo større den er, des større findes Styrken.

d. Styrke overfor lokalt Tryk.

a. Begge Trykflader er lokalt belastede.

77. Ved Linielast (Fig. 77) sker Bruddet ved Flækning, idet der i det lodrette Midterplan opstaar vandrette Trækspændinger. Paa tilsvarende Maade brydes Prismet ved diagonalt Tryk (Fig. 77,1) og Cyklindre ved diametralt Tryk.

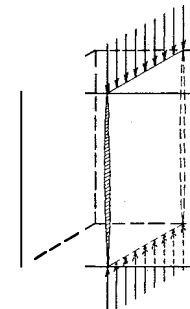


Fig. 77.

Da der ikke virker ydre vandrette Kræfter, maa de vandrette Spændinger i det lodrette Midterplan holde hinanden i Ligevægt, indtil Revnen danner sig, og der maa derfor indtil da ogsaa virke vandrette Trykspændinger, men iøvrigt har man kun et begrænset Kendskab

til Spændingsfordelingen. Er Legenet lavt i Forhold til Bredden ($h \geq a$), optræder maks σ^t i Legemets vandrette Midterplan (Fig. 77,2 A); er Legemet højt, optræder maks σ^t formentlig i en Afstand af ca.

$\frac{h}{2}$ fra Endefladerne (Fig. 77,2 B og C), men Afstanden er afhængig af Poissons Tværvudvidelsestal m , og derfor variabel. I hvert Fald afhænger Legemets Revnelast alene af Materialets Trækstyrke.

Trykkraftens Fordeling over de vandrette Snit bliver jævnere med voksende Afstand fra Endefladerne. Betingelsen for helt jævn Fordeling er Fraværelsen af vandrette Trækspændinger og er altsaa til Stede paa den midterste Strækning i Fig. 77,2 C."

78. Optisk Spændingsmaaling. Man har studeret disse Forhold ved at gennemlyse belastede Legemer. Sender man plant polariseret Lys vinkelret gennem en plan, spændingsløs Skive af Glas, Celluloid, Bakelit eller andet amorft Stof, gaar Lyset uforandret igennem, men belaster man Skiven, faar den Krystalegenskaber og bliver dobbeltbrydende, og Lysstraalen vil da under Passagen gennem Glasset opløses i to A og B, hvis Svingningsplaner staar vinkelret paa hinanden, idet de falder sammen med de Planer, i hvilke det gennemlyste Elements lineære Forlængelse er størst og mindst.

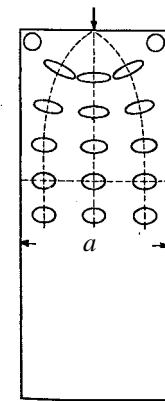


Fig. 78.

Sender man Lys gennem et Polarisationsmikroskop, hvis Polarisatorakse er lodret, saa der kun gaar Lys med lodret Svingningsplan ind i Mikroskopet, og hvis Analysatorakse er vandret, saa kun Lys med vandret Svingningsplan kan gaa ud af Mikroskopet, vil Synsfeltet være mørkt. Indskydes en spændingsløs Glasplade eller et Glasprisme mellem Polarisator og Analysator, forbliver Synsfeltet mørkt, men fremkalder man Spændinger i Glasset, oplyses Synsfeltet mer eller mindre stærkt, thi naar de to Straaler A og B ankommer til Analysatoren, vil de hver for sig opløses i to, een med lodret Svingningsplan, der standses, og een med vandret Svingningsplan, der gaar igennem, saa Synsfeltet oplyses. Man ser da en mer eller mindre regelmæssig, marmorert Tegning med mørke og lyse Baand og Øer, og tegner man en Kurve gennem Punkter, der er ens lyse, vil Spændingen langs en saadan Kurve være konstant.

Belastes Prismet med centrale Linielast (Fig. 78), vil Cirkler indtegnede paa Frontfladen blive til Ellipser, kun ikke hvor Prismet er spændingsløst: Ellipsens største og mindste Akse svarer til Glaselementets største og mindste Forlængelse og ligger altsaa i Hovedspændingsplanerne. Som Følge af Dobbeltbrydningen vil alle Flader med hældende Ellipser være gennemskinnelige, Flader med

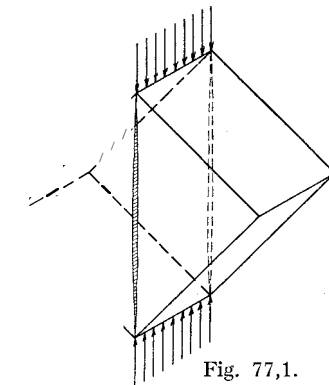


Fig. 77,1.

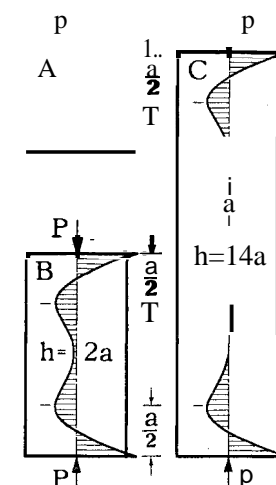


Fig. 77,2. Vandrette Spændinger i Belastningsplanet.

Cirkler vil derimod være mørke og ligesaa Flader med lodrette eller vandrette Ellipser. Prismets Hjørner og lodrette Midterbælte vil altsaa vise sig mørkt, og hvis Prismet er tilstrækkelig højt, vil ogsaa et vandret mer eller mindre højt Midterbælte være mørkt, fordi Trykspændingerne her virker lodret ogsaa ude ved Kanterne, hvilket er esbetydende med, at Kraften her er jævnt fordelt over Tværnittet. Paa denne Maade har man fundet, at den jævne Fordeling indtræder i en Afstand fra Endetladerne af godt og vel a , naar Materialet er Glas.

Da de to Straaler under Passagen gennem Prismet lider Forsinkelser, der er proportionale med Deformationerne i Hovedspændingsplanerne - altsaa med henholdsvis σ_1 og σ_2 , hvis Hookes Lov gælder - og da denne Faseforskydnings Størrelse kan maales, er man i Stand til for hvert enkelt Punkt at udregne $\langle \pi \rangle$, der som bekendt er lig med 2τ . Ved paa denne Maade at maale Forskellen mellem den lodrette Trykspænding $\langle T \rangle$ og den vandrette Trækspænding $\langle \pi \rangle$ i Prismets Centrumslinie - Papirets Plan, fandt Mesnager, at for Prismehøjden $4a$ var $\sigma_1 = \text{Oog } \langle T \rangle = \frac{P}{F}$, altsaa Trykket jævnt fordelt; for Prismehøjden $2a$ var denne Tilstand kun tilnærmelsesvis naaet¹⁾.

79. Ved Strimmellast (Fig. 79) afhænger Brudmaaden af Forholdene $b:h$ og $b:x$.

Er begge disse Forhold smaa, vil Brudaarsagen være den samme som i Fig. 77, men efter at den lodrette Trækrevne har dannet sig, tvinges den af Friktionskræfterne til at forgrene sig som vist.

Er kun $b:h$ lille, kan man faa samme Brudform, men sandsynligvis danner Kilerne sig da først - Forskydningsbrud - og den lodrette Trækrevne skyldes Kilerne Indtrængen.

Er $b:h$ lille, synes Brudlasten at vokse med $x:b$, des mere, jo mindre $b:h$ er.

Schüle har gjort Forsøg med Betonprismer, der var henholdsvis 50 og 100^{effi} høje, mens Tykkelsen var 12^{cm} og Bredden varierede fra 12 til 60 cm; Trykket virkede centralt paa en Flade, hvis Størrelse var 12.12 cm². Brudspændingen pr. cm² af denne Flade havde følgende Værdier, naar den for Prismerne med kvadratisk Tværnit sættes lig 100 (Mitt. der eidgen. Materialprufungsanstalt, 13. Heft.):

Prismets Brede i cm.	12	24	36	48	60
Relativ Trykstyrke, naar $h = 50$ cm ..	100	112	118	129	149
» » » $h = 100$ cm ..	100	126	174	187	202

Er Forholdet $b:h$ tilstrækkelig stort, vil Friktionskræfterne helt hindre den lodrette Revnes Dannelse, saa de to Kiler bliver til to sammenhængende Kilestubbe, og Brudlasten maa da antages at være uafhængig af x . Dette gælder i alt Fald, naar Prøvelegemet er et liggende kvadratisk Prisme med Kvadratside b (Fig. 79,1),

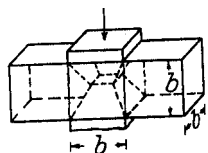


Fig. 79,1.

og Brudlasten findes da som hos en Tærning med Sidelinje b . Bruddet vil enten ske som tegnet paa Fig. 79,1 eller under Dannelse af to Kilestubbe i Analogi med Fig. 79.

Ved Ø-Last paa Tærninger af Sandsten og Granit (Fig. 79,2) synes Forholdene at være som i Fig. 79,1, idet Tærningell ikke bærer mere end det direkte belastede Prisme bærer, naar den øvrige Del af Tærningen mangler. Dette maa være en Følge af Natursternes ringe Trækstyrke.

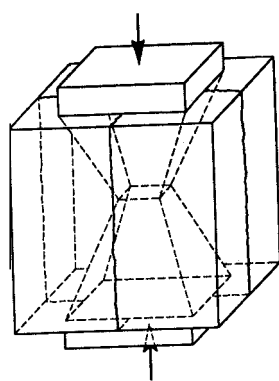


Fig. 79,2. Ø-Last.

Fig. 79. Strimmellast.

1) Annales des ponts et chaussées 1901, 4^e Trimestre, S. 183. Se ogsaa Honigsbergs Afhandlinger ved I.M.'s Kongres i Briissel 1906 (C. 6. d.); Akira Miura: Spannungskurven in rechteckigen und keilförmigen Trägern, Berlin 1928; H. Bay: Über den Spannungszustand in hohen Tragern, Stuttgart 1931; Z. d. V. d. T. 1932 (Foppl); Annales des ponts et chaussées 1932, 1934 (Mesnager, Suquet); Foppl: Festigkeitslehre mittels Spannungsoptik, München 1935; E. M. P. A. Bericht Nr. 118, Zürich 1938 (Baud).

β. Den ene Trykflade er lokalt belastet.

80. Belastningstilstanden for et Prisme som Fig. 80 er en Kombination af Tryk og Bøjning. Bjælkevirksomheden aftager saavel med $\frac{a}{h}$ og $\frac{x}{b}$ som med voksende

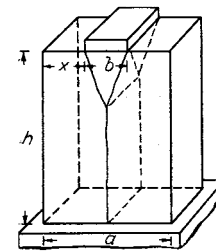


Fig. 80.

Friktion i a-Fladen, og hvis Friktionen ikke er særlig lille, eller Legemet ikke har udpræget Bjælkeform, er den af underordnet Betydning for Brudlasten; denne vokser med $\frac{x}{h}$ under de nævnte Forhold, saafremt b er givet.

Indføres Betegnelserne f og F for den lille og store Trykflade og:

P_{FF} = Brudlasten, naar begge Flader er totalt belastede
 pFf » » den ene Flade er lokalt belastet
 Pif = » » begge Flader er lokalt belastede

finder man:

$$P_{FF} > P_{Fi} > P_{ff}$$

Denne Lov gælder ogsaa for Ø-Last. Ved Forsøg med Sandstentærninger, belastede som Fig. 80,1 og Fig. 79,2 viser, fandt Bauschinger $P_{FF} = 1,3 P_{ff}$ naar $f = 0,62 F$ og $P_{FF} = 1,87 P_{ff}$ naar $f = 0,33 F$. Ligesom i Tilfældet Fig. 79,2, danner der sig ogsaa i Tilfældet Fig. 80,1 lodrette Revner, mens sædvanligvis kun en Trykpyramide forevner.

P_{FF} er bedst kendt for smaa kvadratiske Prismer med $0,5a < h < a$ (§ 81). Forsøg med større Betonkvadere omtales i § 82.

Revnelasten er væsentlig mindre end Brudlasten (§ 82).

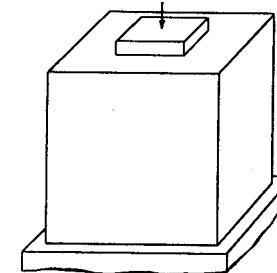


Fig. 80,1.

Naar Revnen forplanter sig ned mod a-Fladen, kan den ændre Retning. Holder den sig lodret som i Fig. 80, skyldes det enten den øvre Trykkiles Kilevirkning, eller at Friktionen i a-Fladen er tilstrækkelig lille, kan der ogsaa Revnen forløbe mere eller mindre skraat paa det nederste Stykke. Er x tilstrækkelig lille, kan der ogsaa Revnen forløbe mere eller mindre skraat paa det nederste Stykke. Er x tilstrækkelig lille, kan der ogsaa Revnen forløbe mere eller mindre skraat paa det nederste Stykke. Er x tilstrækkelig lille, kan der ogsaa Revnen forløbe mere eller mindre skraat paa det nederste Stykke.

Murværksklodser af Teglsten, trykket Overensstemmelse med Fig. 80, kan enten brydes som i Fig. 80,1 eller som i Fig. 80,2. I Tilfældet Fig. 80,1 er Forskybningspændinger (skraa Trækspændinger) og da under Dannelse af skraa Revner løbende fra Enderne af b til Enderne af a .

81. Lave Prismers Brudlast synes ret uafhængig af Prismehøjden, naar denne ligger mellem $\frac{1}{2}a$ og a . Er desuden $f \geq 0,2 F$, kan Brudlasten for saavel Natursten som Beton udregnes af Formle.n:

$$PFj = P_{FF} \cdot \sqrt[3]{\frac{f^2}{F^2}} \tag{1}$$

Indføres $P_{FF} = \sigma_f \cdot f$ og $P_{FF} = S_{FF} \cdot F$, hvor S_{FF} er det paagældende Prismes Styrke I at, naar begge Flader er totalt belastede, faas:

$$\langle \pi \rangle = S_{FF} \cdot \sqrt[3]{\frac{F}{f}} \tag{2}$$

Denne Formel¹⁾ gælder for kvadratiske Prismer under de nævnte Forhold. Den gælder Ikke blot for Stribelast (Fig. 80), men ogsaa for Ø-Last (Fig. 80,1). Den Hensyn til om den er kvadratisk, rektangulær eller cirkulær²⁾. Formlen er i alt Fald for Tærninger - ogsaa bruges, naar Øen ligger ekscentrisk,

1) Opstillet af Bauschinger for Sandstentærninger med Ø-Last (Fig. 80,1).
 2) Wästlund: Untersuchungen über die Festigkeit von Beton, Stockholm 1934.

saafremt man for F indfører Arealet. af det Prisme, der bliver tilbage, naar man af Tærningen bortskærer saa meget, at Resten bliver centralt paavirket.

Naar $f < 0,2$ "F er Forsøgsresultaterne mere divergerende. For Beton fandt Wiistlund, at (2) giver for smaa Værdier og maa erstattes med:

$$uf = 0,77 \cdot SFF' \sqrt{\frac{F}{f}}$$

der iøvrigt gælder. under samme Forhold som (2). Ved Bachs Forsøg med Sandstenstærninger belastede paa en gennemgaaende Strimmel analogt med Fig. 80 gav Formel (2) 15% for høje Værdier, naar $f:F$ lå mellem 0,1 og 0,25. Bauschingers Resultater i Tilfældet Fig. 80,1 kan simpelt udtrykkes ved:

$$P_{FF} = SFF \cdot (0,2 F + 0,8 f)$$

der giver meget nær samme Tal. SpF er Tærningstyrken. Denne Formel kan ogsaa bruges for Tærninger, hvis Kanter er affasede med Planer, der højst falder 1 paa 1 (Fig. 81), saafremt $f \geq 0,18 F$. Falder Planerne 2 paa 1, maa der regnes med 10% mindre Styrke.

Smurte Flader. Smøres a-Fladen med Paraffin, synker baade PFF og pF stærkt, og PFF synker mest. Ved Forsøget i Zürich med 20 cm Beton-tærninger, hvis a-Flade var dækket med et 3 mm tykt Paraffinlag, fandtes følgende relative Brudspændinger:

		$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$			
	$\frac{b}{a}$	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$		
Uden Paraffin	$\frac{g}{gF}$	100	121	150	195	Med Paraffin	
	$\frac{f}{gF}$	100	80	50	29		

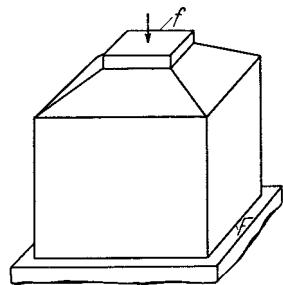


Fig. 81.

82. Betonkvadere er undersøgt af Graf; de belastes i Overensstemmelse med Fig. 82 paa en Strimmel med $b = 27$ cm. Ved en Forsøgsrække var $a = 2b$, med en anden var $h = 1,59b$, mens a varierede fra b til $2,6b$. Resultaterne fremgaar af Tabel 1 og 2 i hvilke Brudlasten (kg) er sat lig 100 for Kvadere med $h = 0,80a$; denne Kvadrats højde $h = 43$ cm a varierer.

Tabel 1: $a = 2b = 54$ cm, h varierer.		Tabel 2: $h = 43$ cm, a varierer.											
$h =$	0,5a	0,8a	a	1,5a	$h = h$	0,50	0,31	0,25	0,17	0,12	100	89	81
$x : h =$	0,50	0,31	0,25	0,17	$x :$	0,50	0,31	0,25	0,17	0,12	100	89	81
Brudlast	108	100	94	89	Brudlast	56	58	59	59	64	0,53	0,37	0,30
Revnelast	70	58	53	39	Revnelast	0,64	0,53	0,37	0,30				

83. Dimensionering paa Grundlag af Trykspændingen. Lejesten for Søjler, Bjælker og Brohængsler vil ofte blive paavirkede paa den i Fig. 80 viste Maade, og man maa da vælge f saa stor, at Brudsikkerheden bliver tilstrækkelig, hvilket kan ske paa Grundlag af enten Trykspændingen eller Trækspændingen. I første Fald bestemmes f af (2) i § 81.

Jeg har prøvet at opstille en Formel, der er anvendelig for samtlige Prøvelegemers Brudlast og fundet, at følgende passer bedst:

$$p = P_p \cdot (1 + 0,7 \cdot \frac{x}{h})$$

hvor P_p er Brudlasten for nævnte Prisme. h skal ligge mellem b og $3b$, a mellem b og $2,6b$, og x maa ikke overstige $0,5h$.

y. Lejestens Styrke.

83 Dimensionering paa Grundlag af Trykspændingen. Lejesten for Søjler, Bjælker og Brohængsler vil ofte blive paavirkede paa den i Fig. 80 viste Maade, og man maa da vælge f saa stor, at Brudsikkerheden bliver tilstrækkelig, hvilket kan ske paa Grundlag af enten Trykspændingen eller Trækspændingen. I første Fald bestemmes f af (2) i § 81.

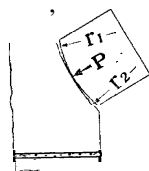


Fig. 83.

Buebroers Stenhængsler (Fig. 83) har en variabel Værdi af f , idet Trykket overføres langs en smal Strimmel, hvis Bredde vokser med Trykkraften p kg og efter Hertz kan

$$b = 4 \cdot \sqrt{\frac{2P}{\pi \cdot l \cdot E} \cdot \frac{1}{1} + \frac{1}{m^2}}$$

1) Forschungsarbeiten Heft 232.

idet l cm er Trykfladens Længde, E at Kvadernes Elasticitetstal, m Poissons Tal, r_1 og r_2 cm Stenfladernes Radier, der skal indføres med negativt Fortegn, saafremt den paagældende Flade er konkav. Største Trykspænding optræder langs Strimmens Midtlinie og bliver:

$$\sigma_{maks} = \frac{4P}{\pi \cdot b \cdot l} \quad (2)$$

Kombineres (1) og (2), findes under Forudsætningen $r_2 = \infty$:

$$p = (\sigma_{maks}) \cdot \frac{2\pi}{E} \cdot \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) \cdot \left[\frac{1}{r_1} \right] \quad (3)$$

Hvis man bestemmer den tilladelige Last af denne Formel, maa man for σ_{maks} indføre en tilladelig Værdi, der er 4-5 Gange saa stor som den, man ellers bruger. Ved Neckarbroen i Hochberg, hvis Hængsler er af Granit ($r_1 = 5$ m, $r_2 = \infty$), har man tilladt $\sigma = 280$ at, men i Almindelighed holder man sig under 200 at. Jo mindre man gør Forskellen mellem r_1 og r_2 , desto større bliver Berøringsfladens Bredde og desto mindre σ , men Kraftens Angrebslinie bliver da mindre nøjagtigt bestemt. Berøringsfladerne skal være meget jævne, undertiden har man poleret dem.

Af Formel (1) fremgaar, at for $r_2 = \infty$ er b proportional med $\sqrt{r_1}$, hvilket bekræftes af Bachs Forsøg med Sandsteni, og man kan ogsaa gaa ud fra, at (2) er korrekt, men den Spænding, man finder af denne Formel, er ikke bestemmende for Stenens Brudlast, der derfor ikke kan udregnes af (3). Brudlasten bestemmes af de Trækspændinger, der virker vinkelret paa Trykretningen, og disse er ikke proportionale med den af (3) udregnede Værdi af P ; Brudlasten afhænger i langt ringere Grad af Krumringsradien, end Formlen lader formode.

84. Dimensionering paa Grundlag af Trækspændingen. Da Trækspændingen og ikke Trykspændingen er bestemmende for Brudlasten eller i alt Fald for Revnelasten, har Morsch foreslaaet²⁾ at dimensionere de Sten- og Betonkvadere, der modtager Trykket fra Buebroers Hængsler, paa følgende Vis (Fig. 84).

Trykket regnes jævnt fordelt over Bredden b . Herfra breder det sig efterhaanden, og i en vis Dybde h er det jævnt fordelt over hele Stenen. Er $b = 0$, regnes $h = 1,17 a$; er $b = 0,675 a$, regnes $h = 0,875 a$; for mellemliggende Værdier interpoleres. I det følgende betyder h denne Højde, uanset om Stenens virkelige Højde er større eller mindre.

Kraftlinierne maa da forløbe som vist i Fig. 84.1 for Stenens ene Halvdel, og Trykspændingerne i et vilkaarligt vandret Snit maa have en Resultant, der tangerer den optrukne Kurve. I den tænkte nedre Grundflade forudsættes Resultanten lodret; dens successive Drejning maa skyldes, at der i det lodrette Midtersnit virker Trækspændinger, der forudsættes fordelt efter en Parabel som vist. I den øvre Trykflade virker Resultanten skraat, hvilket kun er muligt, hvis der her virker en Friktionskraft H .

Ligevægten kræver $H = T$, samt at Kræfternes Moment om H 's Angrebspunkt er Nul, altsaa:

$$\frac{T \cdot h}{2} = \frac{P}{2} \cdot \left(\frac{a-b}{4}\right) \quad T = \frac{P \cdot a-b}{4 \cdot h}$$

Trækraften er dermed kendt, og største Trækspænding bliver:

$$\sigma^t = 1,5 \cdot \frac{T}{h \cdot l}$$

idet l er Stenens Længde (\perp Papirets Plan). Naar Stenens Trækstyrke er kendt, kan man altsaa beregne Brudlasten:

$$P_{Brud} = 2,67 \cdot \sigma^t \cdot l \cdot \frac{h^2}{a-b}$$

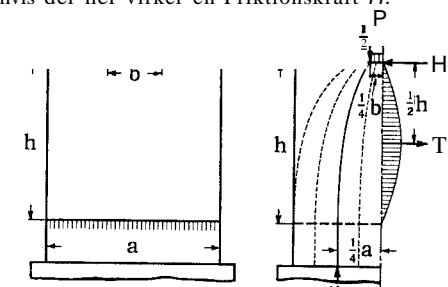


Fig. 84.

Fig. 84.1.

Denne simple Beregningsmaade fører til en langt rigtigere Bedømmelse af Stenens Bæreevne end Hertz' Formel. Den tilladelige Trækspænding kan sættes til $\frac{1}{4} \sigma^t$; saadanne Sten bør altsaa have en stor Trækstyrke. Af Teorien følger endvidere, at Stenens Højde ikke bør være meget forskellig fra a ; er den mindre end Beregningsværdien h , betyder det, at der ogsaa optræder Trækspændinger i Materialet under Stenen.

Se ogsaa B. u. E. 1933, S. 139, 157, 367 (Freudenthal) og 1939, S. 184 (Gaede).

e. Tilladelige Spændinger.

85. Angaaende tilladelige Spændinger i Broer henvises til Anker Engelund: Brobygning 1934, S. 109. Ved Husbygning bruges efterfølgende Værdier.

1) Mitt. ü. F. Heft 17 og 20.

2) B. u. E. 1924, S. 156.

For Piller og Søjler bestaaende af en enkelt Sten. (ingen Mørtelfuger) kan den tilladelige Trykspænding sættes til $\frac{1}{15}$ af Tærnmgestyrken, eller — hvis denne ikke prøves — til:

Granit	75 at 60»	Stærke Sandsten	30 at 15»
Basalt	Svage Sandsten (Cotta)
Marmor, stærke Kalksten	30»	Kridtsten	5»

Disse Tal gælder for $l \geq 12b$, hvor l er den frie Højde og b den mindste Side i det smalleste Rektangel, indenfor hvilket Pillens Tværnsnit kan indtegnes (Fig. 85). Er l større, formidles den tilladelige Spænding til:

$$SE = s^c \cdot \left(\frac{12b}{l}\right)^2$$

Meget slanke Piller med $l > 35b$ bør i Almindelighed ikke regnes bærende og det samme gælder mindre slanke Piller, som i Henseende til Materiale eller Form afviger fra anerkendt Praksis.

Det er i alle Tilfælde en Forudsætning, at Lasten virker centralt, at der ingen Sidekræfter virker, samt at Belastningsmaaden og Afstivningsmaaden ikke afviger fra anerkendt Praksis.

Lejekvadere maa belastes med $sc \cdot \sqrt{\frac{13jF}{T}}$ (Fig. 85, 1).

Denne Formel (§ 81) bør dog kun bruges, saafremt $h \geq 2x$.

Kvadermurværk i Cementmørtel maa kun belastes med $\frac{2}{3} s^c$ og højst med 50 at, iøvrigt gælder ovenstaaende uforandret.

Skalmur af Natursten bagmuret med almindelige Mursten eller bagstøbt med Beton maa kun belastes med den for Bagmassen tilladte Spænding. Facadepillers samlede Bredde skal i København udgøre mindst $\frac{1}{4}$ af den samlede Facadelængde, uanset om Pillerne opføres af den ene eller den anden Slags Murværk. For Piller af Jærnbeton i Forbindelse med et Dæk af samme Materiale gælder Reglen ikke.

De i Tyskland tilladelige Spændinger findes i DIN 1053 og 1075.

4. Træk-, Bøjnings- og Forskydningsstyrke.

Styrken overfor Træk, Bøjning og Forskydning er saa ringe, at man som

86. § 66 plejer at se bort fra den i Styrkeberegninger; se dog § 154. At Trækstyrken ofte er bestemmende for en Stens Bæreevne, blev nævnt i § 77 og 84.

lokalt trykpaavirket, blev nævnt i § 77 og 84. En stor Bøjningsstyrke er ønskelig hos slanke Sten navnlig under Transporten, men ogsaa naar de bruges som Trappmassiv Mur, der kun paavirket dækker en Muraabning. Selv om de indgaar i en Fordeling blive paavirkede til Tryk, vil de paa Grund af Trykkets ujævne Bøjning, saaledes at Bøjningsstyrken ansees for bestemmende for Murværkets Trykstyrke. En særlig stor Bøjningsstyrke har Skifer (§ 187).

Forholdet mellem Trykstyrken og de øvrige Styrker varierer stærkt indenfor

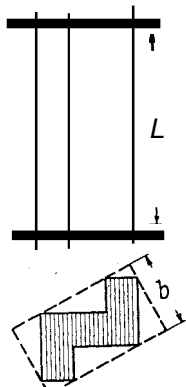


Fig. 85.

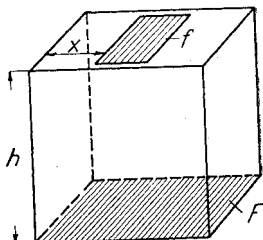


Fig. 85, 1.

samme Stenart, og de nedenfor angivne Forholdstal skal kun tjene til enraa Orientering. Tal, man kan stole paa, faar man kun ved at prøve den paagældende Sten. Som ved andre skøre Stoffer er Bøjningsstyrken gerne langt større end Trækstyrken (Byggematerialer I, 1920, § 80), oftest 2-3 Gange saa stor.

87. Trækelasticitet. Den totale Forlængelse vokser langt hurtigere end Spændingen, og det samme gælder den elastiske og blivende. Den blivende Forlængelse er meget stor; for Sandsten kan den ved $\sigma = 5$ at udgøre 38% af den totale. Granits Brudforlængelse kan være 0,6 mm/m. Nogle Værdier af $E = \sigma : \epsilon_{total}$ er angivet hosstaaende.

Trækstyrken findes oftest at være 2-12% af SC; Procenten vokser med aftagende SC og er for Erup-tiver 2-4%, for Granit 2%, for Sandsten 2,5-5,5%, for Marmor og tætte Kalksten ca. 5%. Dens Størrelse paavirkes ikke af de to andre Hovedspændingers Størrelse (§ 66). Om Svingningsstyrken se § 68. Hosstaaende Tabel indeholder nogle absolutte Styrketal (at).

	Hyppigst	Min.	Maks.
Serpentin	60-110		
Marmor	30-90	6	160
Tæt Kalksten	30-60	15	100
Granit	30-50	6	80
Sandsten	10-30	4	100

Trækstyrkens Ringhed er delvis en Følge af, at Brud-det sker langs Korngrænserne; selve Mineralkornene kan være meget stærke, for Glimmer har man fundet indtil 3000 at. Forholdet $St : SC$ er des mindre, jo skørere Ste-nen er, og jo vaadere den er, idet en vandmættet Stens Trækstyrke kan synke til Halvdelen af den tørres (§ 67), mens Trykstyrken ikke nedsættes saa meget.

Prøvelegemerne kan enten være prismatiske med kvadratisk Tværnsnit eller ottetalsformede som ved Cementprøvning. Hvilken af disse Former, der anvendes, er ligegyldigt for Granits Vedkommende, men ved Kalk-og Sandsten kan de smaa ottetalsformede Legemer give indtil den dobbelte Styrke af den, der findes ved store prismatiske Stykker.

88. Bøjningselasticiteten er kun lidet undersøgt. E_{total}^b kan være indtil 500 t/cm² for Granit og 290 for Sandsten.

Bøjningsstyrken kan udgøre 4-50% af SC; f. Eks. for Granit 7-8%, Sandsten 8%, Kalksten 8%. Oftest er den 2-3 Gange saa stor som St .

Forudsættes Tværnsnittene at forblive plane og Spændingsfordelingen at være lineær, men $E_t < E^c$, findes følgende Udtryk for Nulliniens Afstand fra Tryksiden og for Træksidens Kantspænding:

$$x = \frac{h}{1 + \sqrt{E^c : E_t}} \quad \sigma^t = \frac{M}{2W} (1 + \sqrt{E^c : E_t})$$

Da Bøjningsstyrken beregnes af Udtrykket $Sb = \frac{M}{W}$ findes ved Elimination af W :

$$\sigma^t = \frac{1}{2} \cdot Sb \cdot (1 + \sqrt{E^c : E_t})$$

Da $E_t > 0$, fører de nævnte Forudsætninger til $\sigma^t > \frac{1}{2} \cdot Sb$. Naar man ved direkte Trækforsøg finder $St < \frac{1}{2} \cdot Sb$, altsaa $St < \sigma^t$, skyldes det næppe alene, at Forudsætningerne ikke passer i Brudøjeblikket, men ogsaa, at man ved Trækforsøget ikke faar Træk-kraften jævnt fordelt over Tværnsnittet, saaledes at Mid-delspændingen S^t er mindre end den, sands Brud-spænding.

Hosstaaende Tabel giver nogle absolutte Styrker i at. Hyppige Temperaturvariationer forringer Bøj-ningsstyrken stærkt. Ved gentagne Dypninger i skiftevis varmt og koldt Vand mister Marmor ofte 50% af Styrken, Granit indtil 25%. Se ogsaa § 49-50 og 101.

Hvis en tærende Vædske trænger ind i fine Ridser eller langs Korngrænser, vil den naturligvis kunne nedsætte Bøjningsstyrken stærkt. Men Vædsken behøver ikke at være tærende for at have denne Virkning; naar Glasstrimler forsynes med en Tværridse med en Diamant og derpaa knækkes, dels i tør Tilstand, dels efter at Ridsen er vædet med destilleret Vand, findes Styrken i sidste Fald at være under Halvdelen af de tørre Strimlers.

Prøvelegemerne kan være smaa Bjælker 36 · 5 · 5 cm eller 12 · 2 · 2 cm. Skifer prøves ofte i Plade-form (§ 187).

89. Forskydningsstyrken er ofte 6-7% af SC; f. Eks. for Granit 5-7%, Sandsten 9%, Kalksten 12%. Forskydningsstyrken af lagdelte Sten er ringest parallelt med Lagene og navnlig ringe i Lerlag, der kan opløses. De store Skred i Panamakanalen kort efter dens Aabning skyldtes, at den var udgravet i Klipper med Lerlag, der hældede ind mod Kanalen. Hosstaaende Tabel giver nogle absolutte Styrketal (at).

	Hyppigst	Min.	Maks.
Granit	150-200	30	300
Marmor	100-200	25	
Tæt Kalksten	100-200		
Sandsten	50-150	15	170

Forskydningsstyrken bestemmes ved at dividere den forskydende Kraft med hele Brudfladen. I Virkeligheden er alle saakaldte Forskydningsbrud i skøre Stoffer Trækbrudl).

1) Seybold: Über die Scherfestigkeit sproder Baustoffe, Stuttgart 1933.

5. Slagstyrke.

90. Slagstyrken bruges undertiden som et Maal for Sejgheden og bestemmes ved at lade en Staalklods falde ned paa Stenen fra en Højde, der efter hvert Slag forøges, indtil Bruddet sker. Slagstyrken vokser som Regel med den statiske-Styrke, men der er mange Undtagelser. Brosten (§289) prøves undertiden paa denne Maade, sjældnere Vejskærver (§ 302).

Trykforsøg gøres med smaa Cylindre eller Tærninger staaende paa en Ambolt i et Slagværk. Prøven er lidet paalidelig, da Prøvelegemer udtagne af samme Sten kan give Værdier, der forholder sig som 1 til 25. Endvidere har Banens Haardhed en meget stor Indflydelse paa Slagstyrken; jo større Stenens Elasticitetstal er, des mere betyder Banens Haardhed. Er Stenen lagdelt, bør den prøves for Slag saavel \perp som \neq Lagene.

I England og Amerika bruges cylindriske Prøvelegemer ($h = d = 2,5em$), en Faldklods vejende 2 kg og en Støbejerns Ambolt vejende mindst 50 kg fast forbundet med et solidt Fundament. Slagene falder ikke direkte paa Prøvelegemet, men paa en styret Paasætter af hærdet Staal vejende 1 kg og med den nedre Ende afrundet efter en Kugleflade med 1 cm Radius. Ved 1' Slag er Faldhøjden 1 cm, ved 2' Slag 2 cm o. s. v. indtil Bruddet sker. Som Kvalitetstal bruges enten det Antal Slag, der giver Brud, eller Slagenes samlede Energi divideret med Legemets Rumfang.

Ved amerikanske Forsøg udført som ovenfor beskrevet fandtes Bruddet som Regel at ske efter hosstaaende Slagantal; nogle Middeltal er meddelt i § 300.

I Tyskland, hvor Prøver af denne Art er indført af Foppl, bruges Tærninger med ca. 4 cm Sidelinie og en Faldklods vejende 50 kg. Ved 1' Slag vælges Faldhøjden h saa stor, at Slagarbejdet bliver 2 kg/cm pr. 1 cm³ af Prøvelegemet; den følgende Slaghøjde er $2h$ o. s. v. Naar Faldklodsen springer tilbage efter Slaget, maa den fanges, saa den ikke giver et Efter-slag. Faldklods og Ambolt er af Støbejern; Ambolten vejer ca. 500 kg og staar paa et ca. 1 m³ stort Betonfundament. Saavel Faldklods som Ambolt har indsatte Baner af hærdet Staal med Brinellhaardhed 200 kg/mm^2 . For at Slaget skal ramme Prøvetærningen centralt, lægges der paa denne et Staalstykke (Haardhed 500 kg/mm^2) med hvælvet Overside.

For Slagstyrken bestemt som Forholdet mellem det samlede Slagarbejde i kg · cm og Tærningens Rumfang i cm³ har man i Tyskland fundet:

Sandsten: 15-140 Diabas: 141-187 Granit: 121-381 Basalt: 124-819.

Sejghedsfaktor kalder Foppl Forholdet mellem disse Tal og Stenens Trykstyrke; for Vejbygningssten er den hyppigst 0,05-0,15 og meget sjældent større end 0,4. Om Stenen er vaad eller tør eller frostprøvet synes ikke at paavirke Faktoren paa nogen lovbestemt Maade.

Slagbøjningsstyrken bestemt med Pendulhammer (Byggematerialer I, 1920, § 97) og Stænger 2 · 2 · 10 cm fandtes for Granit, Basalt, Diabas og Sandsten at ligge mellem 1,4 og 1,8 kg/cm^2 .

Slagbøjningsforsøg gøres ogsaa med Fliser. Disse lægges paa et Leje af tørt Sand og udsættes for Slag af en frit faldende Staalkugle.

K. Vejrfasthed.

1. Oversigt.

91. Ved Stenenes Vejrfasthed forstaas deres Evne til at taale de mekaniske og kemiske Paavirkninger, som direkte eller indirekte skyldes Vejret og Naturforholdene. Manglende Vejrfasthed viser sig ved, at Stenene sprænges, smulrer, opløses eller skifter Farve, de forvitrer. Mest Skade forvolder sprængende Krystallisationsprocesser i Stenenes Porer. De kan være af ren fysisk Art, som naar Porevandet fryser til Is, eller af fysisk-kemisk Art, som naar Porevandet udskiller Salte, eller naar enkelte Korn, f. Eks. af Svovlkis, ilter sig og derved vokser.

Vandet er Aarsag til al Forvitring af Betydning i et Klima som Danmarks; Sten, der altid er tørre, forvitrer ikke. Mest udsat er Vandbygningssten og Sokkelsten; disse suger Fugtighed fra Jorden, og de tørrer langsommere end højtliggende Sten.

Stenformen bør være enkel, derved forringes Faren for Forvitring. Mest

Besvær har man med at vedligeholde de gotiske Bygværker med deres vidt-drevne og spinkle Ornamentering.

Stenstrukturen bestemmer i overvejende Grad Vejrfastheden; den kemiske Sammensætning spiller en mere underordnet Rolle. Uporøse og derfor tunge Sten er ofte holdbarere end porøse. Porøse Sten kan dog være meget holdbare, naar blot Porerne er grove, hvorimod Porer med stor Haarrørvirkning, f. Eks. Porer hvis Diameter er mindre end 1/200 mm, er farlige, hvis der er mange af dem.

Grænsen mellem uskadelige Makroporer og skadelige Mikroporer trækkes oftest ved Porevidden 0,005 mm (600 cm Sugehøjde). Skønt Grænsen er noget vilkaarligt valgt, synes Forholdet mellem Rumfanget af disse Mikroporer og Stenens totale Porerumfang at have en væsentlig Indflydelse paa Frostfastheden og Evnen til at taale Luftens Svovlsyring. Hos nogle Sten er den kritiske Porevidde dog 10 Gange saa stor.

Sten, hvis Korn støder umiddelbart sammen uden Bindemiddel (Eruptiver, Marmor), er som Regel tættere og derfor holdbarere end Sten med Bindemiddel (Sandsten). Lagdelte Sten har ofte Skilleflader, langs hvilke Vandet kan trænge ind og gøre Skade.

Eruptivbjergarterne er langt de holdbareste. Deres Forvitringstilbøjelighed er ofte saa ringe, at den i Byggetekniken er uden Betydning, forudsat at Stenene er friske ved Indmuringen. I Løbet af geologiske Perioder kan de derinlod forvitre synligt, og slige angrebne Sten vil forvitte videre temmelig hurtigt, saaledes at det tydelig kan spores i Løbet af nogle Aartier; det er navnlig Feldspaten, som forholder sig paa denne Maade. Man bør derfor ikke til Bygningssten bruge Sten med forvitret Overflade.

Kalksten og navnlig Sandsten er mindre modstandsdygtige.

Man kan dele de skadelige Processer i 3 Grupper:

- (a) Fysisk Forvitring forarsaget af (1) Frost, (2) Temperatursvingninger, (3) Fugtighedssvingninger, (4) Rusttryk.
- (b) Kemisk Forvitring forarsaget af (1) Opløsningsprocesser, (2) Krystallisationsprocesser, (3) Skorpedannelse.
- (c) Angreb af Organismer kan være af saavel fysisk som kemisk Natur.

2. Fysisk Forvitring.

a. Stenenes Frostfasthed.

a. Frostens Virkemaade.

92. Naar porøse Sten i mer eller mindre vandmættet Tilstand udsættes for Frost, vil Vandet fryse til Is, og da det derved udvider sig ca. 9 %, kan det virke sprængende, og Sprængningerne kan antage forskellige Former.

(1) Hyppigst sker de saaledes, at der løsner sig Skaller fra Stenens Overflade, eller at denne efterhaanden smulrer. Dette kan enten skyldes det radiære Istryk i de Porer, der ligger parallelt med Stenoverfladen, eller det aksiale Istryk i de Porer, der løber ud vinkelret paa Overfladen. Hvad enten Stenen sprænges paa den ene eller den anden Maade, er det Porevæggenes Trækstyrke, der overvindes.

(2) Sjældnere sker Sprængningerne saaledes, at Stenen deler sig i flere nogen-
I g e store Stykker. Denne Brudform er ofte en Følge af, at Stenen er

1) Ofte vokser Eruptivernes Holdbarhed med aftagende Kornstørrelse.

gennemvaad, og træffes navnlig hos Kalksten indstøbt i Beton og hos brudfugtige Sten, der endnu ikke er indmurede. Af Sandsten, der dels underkastedes Fryseprøven (§ 99) i brudfugtig Tilstand, dels efter Udtørring, sprængtes de første efter 10 Frysninger, medens de sidste bestod Prøven; den Vandmætning, der sker under Prøvningen, synes altsaa at være mindre fuldkommen end den oprindelige. Se ogsaa § 104.

En enkelt Frysning kan virke sprængende, men oftest bevirker den kun en Svækkelse, der forøges ved de følgende Frysninger, indtil Sprængningen omsider sker. Denne kan dels være en simpel Følge af de gentagne Tryk fra Isen, dels være en Følge af, at Stenen for hver Frysning bliver mere vandmættet, idet Isens Tryk efterhaanden presser Vandet ind i nogle af de Porer, der indtil da har været luftfyldte!).

Skaden sker i Frysningøjeblikket; naar den dannede Is afkøles yderligere, trækker den sig sammen som andre Stoffer, og da denne Sammentrækning er større end Stenens, forringes Spændingerne. At Isens Rumfang ændres med Temperaturen, kendes fra Søers Isdække. Dette revner i stærk Kulde under en tordenlignende Bragen; Revnerne opsuger Vand, der fryser, og ved Temperaturstigning skyder Isen sig op paa Søbredderne.

Foruden den Sprængvirkning, der opstaar, naar Vandet fryser, vil der opstaa en Sprængvirkning, naar den frosne Sten optøes, fordi Isens Varmeudvidelse er større end Stenens.

Under en saadan Optøning vokser Stenens Rumfang til et Maksimum, der optræder, naar Stenens Temperatur er - 2 a - 3.

Vandets Frysepunkt ligger ikke altid ved 0°, indeholder Vandet visse Salte, kan Frysepunktet synke dybt (*Byggematerialer* IV, 1911, § 1174). Ligesaa, hvis Vandet befinder sig i meget snævre Haarrør, som ved deres Vægstyrke og Friktion hindrer den med Isdannelsen følgende Udvidelse af Vandet.

93. Vandmætningsgradens Betydning. Vandet i Stenoverfladens Poremundinger kan maaske fryse uden at gøre Skade, idet Iskristallerne presser de foranliggende ud af Stenen, men sædvanligvis danner der sig en fastsiddende Isprop i Poremundingen, og efterhaanden som denne Isprop vokser indefter, skyder den Vandet foran sig, og hvis Vandet ikke kan undvige bagud eller sideværts ind i luftfyldte Porer, virker det sprængende. Det farligste Tilfælde er derfor, at en helt vandfyldt Sten fryser fra alle Sider.

Følgende simple Forsøg foretagne i *Laboratoriet for Byggeteknik* illustrerer Betydningen af, om en Stens Porer er helt eller kun delvis vandfyldte. Ølflasker og andre Flasker, der fyldtes med Vand og nedsattes i en Frysekasse, sprængtes, selvom de var utilproppede, fordi Vandet i Flaskehalsen frøs først og dannede en Prop, der ikke kunde trykkes ud. Naar man derimod kun fyldte Flasken delvis (80%), tilproppede den og lagde den vandret i Frysekassen, saa Halsen var vandfyldt, sprængtes Flasken ikke, fordi Luften lod sig sammentrykke, efterhaanden som Isen danledes. Se ogsaa § 366.

94. Klimaets Indflydelse. Det værste, Stenene kan blive udsat for, er, at Frosten indtræder paa et Tidspunkt, hvor de er vandmættede i Overfladen, altsaa umiddelbart efter Regn. Derfor er det danske Vinterklima med dets hyppige Overgange mellem Tø og Frost særlig ondartet.

Lange Frostperioder har Ord for ikke at gøre mere Skade end en kortvarig Frysning, men næppe med Rette; Mure, der vender mod Syd og Vest, kan i en

1) Se E. Suenson: Molerementmørtel (*Ing.* 1932, S. 431).

frostperiode være udsat for hyppige Optøninger paa Grund af, Solskin, og det er navnlig paa saadanne Mure, at man træffer Frostskeer. Temperatursvingningerne indenfor en Frostperiode kan ogsaa tænkes at gøre Skade, da Isens Varmeudvidelse er meget forskellig fra Stenens (§ 49, Tabel 2).

95. Blivende Udvidelser. Er alle Stenens Porer vandfyldte, og kan Isen ikke trænge ud gennem Poremundingerne, vil Stenen som Helhed udvide sig, naar Isen dannes. Udvidelsen er delvis blivende, og den vokser for hver ny Frysning, men langsommere og langsommere, og sluttelig naas en Ligevægts-tilstand, hvis Stenen ikke sprænges forinden. At Stenen faar en blivende Udvidelse er ensbetydende med, at den bliver mere porøs, og det sker paa den Maade, at det samlede Rumfang af grove Porer (>0,005 mm) forøges, medens Rumfanget af fine Porer forringes. Disse Udvidelser forekommer hos de fleste Kalksten og ogsaa hos Teglsten.

Hos andre Sten - f. Eks. naturlige og kunstige Kalksandsten - har man ofte fundet en Rumfangsformindskelse, og det har da altid været karakteristisk for de paagældende Sten, at de udvidede sig stærkt ved Vædning.

β. Stenstrukturens Indflydelse.

96. Sten, hvis Vandoptagelse ikke overstiger $\frac{1}{2}$ Vægtprocent, plejer at være frostfaste, men mere sugende Sten bør underkastes Fryseprøver (§ 99), hvis man ikke har Erfaring for deres Godhed.

Frostfastheden afhænger dog i ringere Grad af den Mængde Vand, Stenene kan indsuge, end af den Hastighed, hvormed Stenene afgiver det ind sugede Vand (§ 366). Grovporede Sten er under iøvrigt ens Forhold frostfastere end finporede, thi de grove Porer er sjældent vandfyldte, og de beforder Fordampningen, mens de fine Porerers Haarrørskraft holder paa Vandet. Alle lerholdige Sten er truede, da Ler tørrer langsomt.

Det er navnlig lagdelte Sten som Sandsten, især saadanne med Glimmerlag (§ 15), eller paa anden Maade uhomogene Sten som Skifer, der ødelægges af Frosten, mens Sten med jævnt fordelte Porer er gunstigere stillede, da Porevæggene i Stenens Indre vil faa samme Tryk fra alle Sider, naar Vandet fryser. Om Kalk og Kalkflint se § 366-7. Naar Stenene først er indmurede, vil Frosten som Regel kun kunne sprænge Overfladen af, og lagdelte Sten, der indmures med Lagene liggende vandret, kan derfor være holdbare, selvom de hver for sig ikke er frostfaste.

Tætning af en porøs Stens Overflade ved Maling (§ 40), Imprægnering (§ 42) eller paa anden Maade kan ophæve dens Frostfasthed, saafremt Stenens Bagside vender ind mod et Rum med højere Temperatur. Vanddampe fra dette Rum vil da fortætte sig i Stenen, og Vandet vil vandre mod den kolde Side (§ 97), hvor det normalt fordampes; men er Stenens Overflade tæt, samler Vandet sig bag den.

En stor Styrke hos Stenen vil naturligvis forringe Faren for Frostsprængning.

Voldsom Overlast ved Stenens Brydning, Deling og Transport kan frembringe Revner, der først viser sig ved, at Frosten sprænger Stenen efter disse Revner. Ogsaa Overfladebehandlingen med Mejsler, Hammer m. m. kan virke skørnende, f. Eks. paa Sandsten, saaledes at det yderste Lag sander af i Frost.

Stenens Udstrålingsevne kan medføre, at dens Temperatur oftere end Luftens synker under Nul.

γ. Bygværkets og Byggemaadens Indflydelse.

97. Bygværkets Indflydelse. Frostskeer rammer i særlig Grad Sokkelsten, fordi disse ofte er vedvarende vaade.

Det Vand, der foraarsager Frostsprængning, stammer ikke altid fra Nedbøren. Vandet i en Mur har Tilbøjelighed til at bevæge sig fra den varme til den kolde Side, som forklaret i § 34. Mure om Vadskerum og andre vaade Rum er derfor stærkt udsatte. I Kirker, der kun opvarmes een Gang ugentlig, danner der sig

paa Murens Inderside Fortætningsvand, der vandrer udefter, og saadanne periodiske Opvarmninger kan derfor befordre Frostsprængning.

Mure om stadigt opvarmede Rum er lidet udsatte for Frostskaade, saavel fordi de tørrer hurtigt, som fordi de vanskeligt bliver kolde nok. Til stærkt fremspringende og spinkle Gesimser og Baand strækker denne Beskyttelse sig dog ikke, som det kan ses af de Istappe, der danner sig paa dem. Naar Mure varmeisoleres indvendig, tørrer de langsommere efter Regn og er mere udsatte for Frostskaader.

Fritstaaende Mure beskadiges lettere af Frost, naar de er tynde, end naar de er tykke, dels fordi de tynde Mure indeholder færre Varmeenheder, dels fordi de hurtigere vandmættes. Fritstaaende Stenfigurer og Balustrader er i særlig Grad udsatte.

98. Byggeregler. Sten, der bruges indendørs, behøver som Regel ikke at være frostfaste, og det samme gælder Sten, der ligger saa dybt i Jord eller Vand, at Frosten ikke kan naa dem. Derimod er alle Sten, der i vaad Tilstand kan blive udsat for Frost, truede; for et givet Klima med givne Temperatursvingninger er Faren for Sprængning des mindre, jo oftere Stenene er tørre. Den bedste Forholdsregel mod Frostsprængning er derfor Stenenes Tørholdelse. Iøvrigt kan man opstille følgende Byggeregler:

(1) Skal Stenene bruges paa Steder, hvor de vedvarende kan holde sig vandmættede, maa man stille de allerstrengeste Krav til deres Frostfasthed. Dette gælder saaledes Sten til:

Vandbygværker.

Sokler og Indfatningsmure for Jord.

Bygværksdele med vandret Overflade som Dæksten og Brosten.

Fremspringende Bygværksdele som ydre Trapper, Gesimser og Baand.

(2) Lerrige Sandsten bør ikke bruges.

(3) Brudfugtige Sedimenter maa først indmures, efter at de i flere Maaneder efter Brydningen har ligget under Tag (§ 92 og 104).

(4) Lagdelte Sten bør indmures saaledes, at Lagene staar vinkelret paa Murfladen og helst vinkelret paa de virkende Trykkræfter.

Hos visse Kalksten er Lagdelingen saa lidet synlig, at den kun bemærkes ved Brydningen, og naar Stenen frostsprænges. Slige Sten kan ved Tildannelsen forsynes med et Mærke, der viser Lagretningen.

(5) Vandtilgang bør hæmmes:

Fritstaaende Mure afsluttes foroven med lange Dæksten, eventuelt Skiferplader (§ 189), saa der kun bliver faa Fuger, gennem hvilke Vandet kan sive ned i Muren. Hvis disse Tværfuger ikke falses eller lægges i opstaaende Kamme, hvilket er kostbart, bør man under dem anbringe Bly- eller Kobberstrimler, hvis Kanter griber op i Riller parallele med Fugen. Paa tilsvarende Maade behandles lange Saalbænke. I Stedet for Dækstenene eller ovenpaa disse kan lægges Bly- eller Kobberblik, saa al Vandindtrængning hindres; Blikket bør da selv lægges paa Tagpap, saa Ujævnheder ikke trænger op i det og gennemhuller det eller hindrer dets Temperaturbevægelser.

Lodrette Murflader beskyttes mod Vandstrømme ved fremspringende Dæksten, Gesimser og Baand forsynede med Vandnæse. Denne kan fremstilles af Kobber, hvis Stenen ikke ønskes fremspringende (Fig. 98).

Grundfugtighed holdes borte ved tætte Isoleringsslag.

Fortætningsvand fra Badeværelser, Køkkener, Vadskerier hindres dannet ved

kraftig Ventilation eller Brug af varmeisolerende Stoffer eller holdes borte ved vandisolerende Stoffer.

Tagnedløbsrør holdes 3 cm fra Muren, saa denne ikke kan indsuge Fortætningsvandet paa Rørets Yderflade. Efter Bygningens Opførelse bør Tagrender og Nedløbsrør stadig overvåges, og Utætheder straks udbedres.

(6) Uundgaeligt Vand bør hurtigt løbe bort, derfor:

Ingen Vandsække.

Fald paa Dæksten og Trappetrin; udendørs Trin holdes sammen med Bronzeklammer, og Fugerne fyldes omhyggeligt med Portlandcement, Asfalt eller Bly.

(7) Hvis Granit eller andre tætte Sten indlægges som Baand i Teglstensfacader, bør man ogsaa have Teglstenenes Forhold for øje. Skifterne over et fremspringende Baand kan blive stærkt vandmættede ved Regnens Tilbagespring fra Baandets Overside, og ved at Blæst vinkelret paa Facaden driver det Vand, der strømmer hen over Baandets Overside, tilbage mod Murfladen; disse Skifter bør derfor muligvis erstattes med en lav Granitsokkel. Under Baandet kan det være rigtigt at indlægge en Blikstrimmel af Kobber eller Bly, saaledes at det Fortætningsvand, der kan danne sig paa Graniten ved Omslag fra Frost til Tø, vises bort fra Teglstensmuren og drypper af. Samme Forholdsregel kan tages ved Dæksten (Fig. 98).

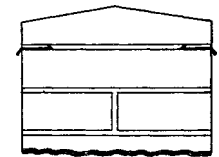


Fig. 98.
Kobbervandnæser
af 1 mm Kobberblik.

(8) Sten, der indeholder saagrove Porer, at Tyngden har Magt over deres Vandindhold, bør ikke formures i en tæt Mørtel, der standser Vandet, saa det samler sig nederst i Stenen, idet Frost da kan sprænge den nedadværende Kant af (§ 141). Det samme kan ske, hvis saadanne Sten hviler paa en Sokkel eller et Baand af tætte Sten.

δ. Frostfasthedsprøver.

99. Den almindelige Fryseprøve udføres med Tærninger, der vandmættes og nedlægges i en luftfyldt Frysekasse, hvis Temperatur holdes konstant paa een eller anden Værdi mellem -12° og -22° ; i nogle Lande gaar man længere; ned end i andre. Naar Stenene er helt gennemfrosne, tages de op og optøs i Vand af Stuetemperatur. Prøven udføres 25 Gange, og efter hver Optøning undersøger man, om Stenene har taget synlig Skade, og til sidst bestemmes Vægttabet, hvorefter Stenene trykprøves i vaad eller tørret Tilstand til Sammenligning med den tilsvarende Styrke af de ufrosne Sten. Ved frostfaste Sten er baade Styrketabet, Vægttabet og Sprængningerne meget ringe.

Undertiden tolereres 15% Styrketab, men det er en meget liberal Regel. Ikke sjældent findes de frostprøvede Sten lidt stærkere end de ikke frostprøvede, hvilket muligvis skyldes, at de stærke Temperaturvariationer fjerner Egenspændinger.

Da Vægttabet ikke blot kan skyldes Stoffer, som Isen har sprængt af, men ogsaa Stoffer, som Vandet har opløst, bestemmer man undertiden disse sidste, idet Vandet, hvori Stenen har mættet sig, og som ogsaa er brugt til Optøningerne, filtreres og inddampes, saa at man kan veje, dels hvad der er blevet tilbage paa Filtret, dels Inddampningsresten. Man maa da enten bruge destilleret Vand eller kende det almindelige Vands Inddampningsrest.

Til Vandmætning og Optøning bruges ellers Ledningsvand. Vandmætningen sker paa den normale i § 35 omtalte Maade. Hellere end at anvende meget lang Tid paa Vandmætningen, maa man forøge Frysningernes Antal.

Frysetiden bør være saa lang, at Stenen bliver gennemfrosset. Den Tid, der kræves, afhænger af Stenens Størrelse, Overfladeareal pr. Rumfangsenhed, Varmefylde og Varmeledningsevne samt af Frysekassens Temperatur. Ofte vil 6 Timer være tilstrækkelig; er man i Tvivl, kan man gøre Brug af en Kontrolsten med et Termometer anbragt i Centrum. Optøningstiden bør som Regel ikke være kortere end 2 Timer. Man plejer at foretage 2 eller $1\frac{1}{2}$ Frysninger i Døgnet. I første Fald er Stenene i Frysekassen om Natten og midt paa Dagen; Optøningerne sker da Morgen og Aften. I andet Fald ligger Stenen hvert

andet Døgn 14 Timer i Frost, 6 i Vand, 4 i Frost, og hvert andet Døgn 14 Timer i Vand, 6 i Frost, 4 i Vand.

Frysning af Prøvelegemer, der ligger i Vand, bruges i England og Amerika, men man er formentlig ved at gaa over til at fryse i Luft. Nogle Forsøg med Kalksten foretagne i *Laboratoriet for Byggeteknik* viste, at Frysning i Vand er væsentlig skadeligere end Frysning i Luft (§367).

Prøvning af Grus omtales i § 3.66-7.

100. Prøvens Strenghed bedømmes forskelligt. Der kan dog næppe være Tvivl om, at Fryseprøven i den beskrevne Form er en streng Prøve, i alt Fald for Husbygningssten; thi selvom disse i Tidens Løb udsættes for langt flere Frysninger end de 25, er de til Gengæld næsten aldrig saa vanddrukne som ved Prøven. Endvidere vandrer Frost ind i dem fra kun 1 Side eller ved Hjørnesten 2 Sider, og Stenene har et betydeligt Varmereservoir bag sig; Isen dannes derfor langsommere end i Frysekassen og kan bedre faa Tid til at tilpasse sig efter Omgivelserne. Desuden skærpes Prøven ved, at Optøningen sker i Vand af Stuetemperatur, thi den hurtige Varmetilførsel fra Overfladen vil fremkalde Spændinger i Stenen, dels fordi Overfladen udvider sig forud for Stenens Kærne, dels fordi Isen udvider sig mere end Stenen. Hvis de frosne Sten optøs i Luft og ikke i Vand, mildnes Prøven stærkt (se dog § 101).

De Sten, der bestaar Prøven, vil utvivlsomt ogsaa kunne taale de danske Vintre, hvis de da ikke anbringes paa Steder, hvor de er konstant vanddrukne, f. Eks. i Vandbygværkers Vandlinie. For saadanne Sten kan der muligvis være Grund til at skærpe Prøven.

Graf har undersøgt Forholdet mellem Laboratorieprøvens og Klimaets Indvirkning paa Beton. 56 cm høje Betonprismer stod 2 Aar i fri Luft med de nederste 18 cm i Vand. Tilsvarende Prismer blev frosset 50 Gange i Fryserum og efter hver Frysning optøet ved, at den nedre Ende stillede i Vand. Herved viste det sig, at Friluftsprismerne blev stærkest beskadigede, formentlig fordi de er blevet frosset mere end 50 Gange, og fordi Virkningen af Fugtighedsvariationer og Temperaturvariationer er kommet til. Nævneværdige Skader skete dog kun, naar $s < 100$ for den 56 Døgn gamle Beton (*B. u. E.* 1939, S. 178).

Prøvens Strenghed vokser med:

(1) Stenenes Vandmætningsgrad i det Øjeblik Isen dannes; hvis man paa kunstig Maade mætter dem fuldt, bliver Prøven urimeligt streng. Ved almindelig Vandlagring mættes de ikke fuldt, og desuden fordamper der noget Vand, mens de ligger i Frysekassen og endnu er ufrosne.

(2) Nedfrysningens Hastighed, da Vandet ved hurtig Frysning faar mindre Tid til at fordampe og til at presse sig ud gennem Stenoverfladens Porer eller ind i tomme Porer.

(3) Frysekassens Kuldegrad, da stærk Kulde medfører hurtig Nedfrysning. Det maa ogsaa erindres, at efterhaanden som Isdannelsen forplanter sig ind i Stenen, kommer Vandet i Stenens Indre under et voksende Tryk, der muligvis kan sænke Frysepunktet, saa Isdannelse først indtræder, naar Temperaturen er væsentlig under 0° .

(4) Stenens Nærhed ved Frysekassens Vægge, da disse er koldere end Frysekassens Luft.

(5) Frysningernes Antal. De 25 Frysninger, som almindeligvis bruges, anses af mange for at være for faa, saavel for Natursten som for Teglsten. I Schweiz har man for Tagsten af Tegl indført 50 Frysninger ved -20° . For Sten behandlede med Imprægneringsmidler paa samtlige Flader viser svenske Forsøgl), at Skader undertiden først indtræder efter 200 Frysninger, hvilket muligvis er en Følge af, at saadanne Sten bruger lang Tid om at vandmætte sig.

(6) Kassens Fyldningsgrad kan gøre sig gældende paa to modstridende Maader, idet en stor Fyldningsgrad sinker Nedfrysningen, men samtidig hæmmer Fordampningen.

En stor Varmefylde og Varmeledningsevne hos Stenen vil formentlig mildne Prøven, fordi Overfladen holder sig varm i længere Tid, saa der fordamper mere Vand, inden den fryser. Da Vand har stor Varmefylde, maa en vandrig Sten antages at fryse langsommere end en vandfattig.

(7) Prøvelegemets Størrelse og Form kan paavirke Prøvens Udfald. Store Legemer sprænges undertiden lettere end smaa, enten fordi de har flere Fejl, eller fordi de har en i Forhold til Rumfanget mindre Fordampningsflade. Teglsten, der skades efter 10 Frysninger, kan undertiden taale 30, hvis de forud deles i 5 cm Tærninger. Se ogsaa § 366. At store Legemer fryser langsommere end smaa synes altsaa at have mindre Betydning end de nævnte Faktorer.

101. Elasticitetstallets Ændring. En fintmærkende Maalestok for Frostskader, der ikke kan paavises paa simple Maader, er Elasticitetstallets Formindskelse, da man er i Stand til at bestem-

1) Den svenske Statsprøveanstalt, Meddelelse 43 (Moje Bergstrøm).

me E^c eller E^b for een og samme Sten før og efter Frostprøvningen. Man har Eksempel paa, at en enkelt Frysning ved -10° har formindsket E^b med 82%.

Stangformede Prøvelegemer, der understøttes som Bjælker og underkastes Bøjningssvingninger, vil have en Egenfrekvens, der er proportional med $\sqrt{E^b}$. Ved at bestemme Egenfrekvensen før og efter Frostprøvningen, kan man følgelig beregne Ændringen af E . Har man det fornødne Apparat, kan Frekvensen bestemmes paa to Minutter, og man kan følge E 's Formindskelse fra Frysning til Frysning!).

Hurtigprøver. Da Fryseprøven er langvarig, har man søgt at erstatte de 25 Frysninger med 1 eller 2 voldsommere, idet man vandmætter Stenen paa naturlig Maade eller under Tryk og derefter lægger den direkte ned i en Kuldeblending, hvis Temperatur er -10° a -20° . Disse Prøver plejer at være strengere end den almindelige.

Naar Cementvarer og Kalk-Sand-Sten direkte anbringes i en Kuldeblending (-10 til -15°), ødelægges de hurtigt og fuldstændigt paa en Maade, der slet ikke ligner, hvad man har set i Praksis, og som foreløbig er uforklarlig².

Spacek vandmætter Stenen i Vakuum (ca. 2 cm Kvægsølvssøjle), lagrer den 8 Minutter i Kulsyresne (-50 til -70°) og 7 Minutter i varmt Vand (*I. M. Zurich-Kongres* 1931, Bind I, S. 579).

102. Indirekte Frostfasthedsprøver. For at spare den besværlige Frostprøve søger man undertiden at erstatte den med simple.

Selvmætningsevnenes Betydning for Frostfastheden er, som paavist af *Hirschwald*³, meget stor. Hvis Selvmætningsevnen (§ 36) er 0,9, vil højst 90 % af Stenens Porer kunne være vandfyldte, og i de resterende 10 % skulde det frysende Vand da kunne finde Plads, og Sprængninger undgaas. Stenenes Struktur er dog ikke saa ensartet, at denne Teori holder Stik, og *Hirschwald* indfører derfor en Sikkerhedsfaktor, hvorved den kritiske Værdi af Selvmætningsevnen synker til 0,8 og endnu dybere. Men i Virkeligheden er Selvmætningsevnen kun een af de Faktorer, der bestemmer Frostfastheden, og derfor et utilstrækkeligt Bedømmelsesgrundlag⁴.

En stor Selvmætningsevne er farligere hos lagdelte Sten end hos ikke lagdelte, farligere hos finporedede end hos grovporedede, farligere hos Natursten end hos Teglsten og Mørtel (maaske paa Grund af Porestørrelsen).

Hirschwald fastsætter hosstaaende tilladelige Maksimalværdier af Selvmætningsevnen; er Stenen meget tydeligt lagdelt, skal Tallene formindskes med 0,05.

Selvmætningsevnen bestemmes paa noget forskellige Maader i Tyskland og i England (§ 36). I England har man fundet, at en Sten, der optager p Rumfangsprocent Vand og har Selvmætningsevnen s , kan antages at være frostfast, hvis $s < 0,91 - 0,009 p$, og vil kunne bruges i Gesimser og Jordstøttemure uden at være vandisoleret. For Teglsten fandtes Betingelsen at være: $s < 1,12 - 0,01 p$.

Kugletrykprøver (§ 54) ses undertiden anvendt, idet en Sten, hvis Kugletrykshaardhed mindskes stærkt ved Vandlagring, ofte er lidet frostfast.

b. Andre fysiske Forvittringsaarsager.

103. Temperatursvingninger - som de f. Eks. forekommer i Sydfacader - kan gøre Skade, dels fordi Stenoverfladens Temperatur ændres forud for Kærnen, dels fordi Stenen bestaar af uensartede Korn.

Afkøles Overfladen, trækker den sig sammen og faar Trækspændinger, der - hvis Stenen er svag - kan medføre Revner. Naar en Facade afkøles, vil den revne i de svageste Snit, d. v. s. mellem Stenen og Fugemørtlen. Er Facaden beklædt med tynde Plader af en svag Sten, kan denne revne, som Fig. 103 viser, hvorom nærmere i § 267.

1) *A. S. T. M. Bulletin*, Dec. 1939 (*Hornbrook*). Ved disse Forsøg syntes det uden Betydning, om Optøningen skete ved Stuetemperatur eller ved en Temperatur lidt over Nulpunktet. Se ogsaa *A. S. T. M. Proceedings* 1939, S. 987 (*L. Obert*).

2) *B. Butterworth: Frost Tests on Bricks and Tiles and their Limitations* (*I. M. London-Kongres* 1937 S. 383).

3) *Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung*, Berlin 1912 og *Leitsätze für die praktische Beurteilung natürlicher Bausteine*, Berlin 1915.

4) *I. M.*: 1^o Meddelelser Gruppe B, S. 40. *Zürich* 1930.

Jo pludseligere Temperaturen skifter, des større er Faren for Revner. Regn, der følger umiddelbart efter stærkt og langvarigt Solskin, er skadelig; de indiske Gudebilleder af Klæbersten har lidt stærkt ved i solhed Tilstand at blive udsat for Troperegnet.

Granitskallen paa gamle Kirkemure af Tegl er undertiden sprængt paa Sydsiden; nogle af Stødfugerne gaber, og enkelte Sten kan være skudt lidt ud. Dette skyldes formentlig dels Temperaturbevægelser, dels Regnvand, der trænger ind i Fugerne og om Vinteren fryser til Is om Natten og optøes om Dagen. Muligvis spiller ogsaa Kondensvand en Rolle; er Murens Kærne vaad, vil der, naar Frost indtræder, fortættes Vand paa Granitens Bagside, og naar Vandet fryser tillids, skubbes Graniten frem.

Fritstaaende Naturstenspiller med Teglkærne - f. Eks. Statuesokler og Piller i Hegngittere - kan vise samme Fænomen. Slige Piller og Sokler maa hellere fremstilles hule, altsaa uden Teglkærne.

Stenkornenes Uensartethed er en anden Aarsag til Skader. Et Mineralkorn har forskellige Udvidelseskoefficienter i de tre Akseretninger (§ 49), de forskellige Mineralkorn har forskellige Udvidelseskoefficienter¹⁾, Solskin mørke Korn hurtigere end lyse. Der kan derved lidt efter lidt danne sig fine Revner, der dels direkte skørner Stenen og dels fremskynder de tidligere omtalte Forvittringsprocesser.

At de to ægyptiske Obelisker, Kleopatras Naale, der i 1878 og 1880 førtes til London og New York efter i 3400 Aar at have været udsat for de daglige Temperaturvekslinger i Ægypten, hurtigt begyndte at forvitte i Storbyernes Luft, skyldes formentlig saadanne Revner.

Den Afsprængning af store Skaller, der navnlig optræder i Ørkener med hurtige Temperaturvekslinger, forklares af nogle ved Varmespændinger, af andre ved Krystaltryk.

Metaldele, der er faststøbt i en Sten med en ueftergivende Mørtel, kan ved deres Varmeudvidelse i Solskin virke sprængende.

t04. Fugtighedssvingninger i Overfladen har en lignende Virkning paa vandsugende Sten som Temperatursvingninger, og det er næppe muligt at afgøre, om den ene eller den anden Slags er farligst i Danmarks Klima. Til Dels modvirker de hinanden, f. Eks. vil Solskin samtidig medføre Varmeudvidelse og Tørringssvind.

¹⁾ I Kölns Domkirke findes Trakyt-Blokke indeholdende Sanidinkrystaller, der er flere cm store, og som i Tidens Løb - siden Middelalderen - har løsnet Slg. saa de kan pilles ud med Haanden.



Fig. 103. Revnet Beklædningsplade af Savonniere i Politigaardens aabne Forhal mod Politortorvet i København. Revnen skyldes formentlig Pladens Sammentrækning i Frostvejr.

Kun vandsugende Sten svulmer ved Vædning, men iøvrigt er Svulmningens Størrelse uafhængig af den optagne Vandmængde; kun det Vand, der trænger ind i de fineste Porer, fremkalder Svulmning. Denne vokser i Ordenen Brændte Sten, Tagskifer, Eruptiver, Sandsten.

For Murværks Vedkommende kommer Mørtlen til som et nyt Element, som ofte »arbejder« stærkt ved Fugtighedsændringer og derved fremkalder Spændinger, der formentlig er større end de tilsvarende Spændinger fra Temperaturændringer. Cementmørtel arbejder mere end de fleste Sten, hvorimod Kalkmørtel ikke paavirkes væsentlig af Fugtighedsændringer.

Naar tørre Sten lægges i Vand, kan man finde følgende Udvidelser:

	H.	l	0,02	/
Vandlagringstiden ved disse Forsøg har som Regel ikke oversteg nogle Uger. Ved 400 Døgn Vandlagring har E. V. Meyer ²⁾ fundet langt større Udvidelse. R. d. Teglsten 3,5, Betonsten 4,5, Gasbeton 5,3-6,0, Cellebeton 4,7-10,0 mm/m.	Øjovns agge	0	0,19	mm m
	Brændte Sten	0,01	0,02	»
	Gule Sten	0,02	0,02	»
	Terrakotta	0,03	0,07	»
	Molersten	0,16	0,16	»
	Tagskifer, engelsk	0,07	0,25	»
	Granit	0,06	0,32	»
	Kalksten	0,03	0,35	»
	Muslingekalksten	0,03	0,35	»
	Marmor	0,12	0,12	»
	Basalt	0,23	0,48	»
	Sandsten	0,06	2,06	»
	B t S d t	0,13	0,13	»
	roge an sen	0,53	0,53	»
	Sandsten fra Pirna	0,53	0,53	»
	Kunstig Kalksandsten	0,10	0,50	»
	Kalkmørtel 1 : 3	0,07	0,07	»
	Cementmørtel 1 : 4	0,27	0,27	»
	» 1 : 3	0,14	0,43	»
	» 1 : 2	0,32	0,32	»
	» 1 : 1	0,38	0,38	»
	» 1 : 0	0,38	0,38	»
	Beton 1 : 2½ : 3 og 1 : 2 : 4	0,15	0,3	»
	Slæbebeton	0,78	11,9	»
	Asbestcement ¹⁾	1,5	5,5	»
	Savsmulscement	1,5	5,5	»
	Cellebeton	2,8	2,8	»

Bløde Kalksten og Sandsten bør ikke indmures i brudfugtig Tilstand, thi under Udtørringen opstaar der da Trækspændinger i Murværkets Overflade, og disse Spændinger kan fremkalde lignende Revner, som den i Fig. 103 viste.

t05. Rusttryk kan ogsaa henregnes til Forvittringsaarsagerne, i alt Fald har det været Aarsag til talrige Sprængninger af Sten, der var samlede med Jærnkammer; selvom Jærnet er forzinket eller fortinnet, vil det ofte ruste før eller senere³⁾, og Rusten sprænger selv de stærkeste Sten. Mange saadanne Sprængninger kan vel nok henføres til, at Jærnet er faststøbt med en uegnet Mørtel eller skødesløst, men selvom Arbejdet udføres paa bedst mulig Maade, er Faren til Stede, og det bør være en Regel altid at bruge Kobber, Deltametal eller Bronze til slige Samlingsdele. Merudgiften herved betyder intet sammenlignet med de Reparationsudgifter, man udsætter sig for ved Brug af Jærn.

Denne Regel synes der stadig imod. De talrige Smaaspir paa Milanos Domkirke er indbyrdes afstivede med Fladjærn, der foraarsager idelige Sprængninger af de Sten, de gaar ind i, og alligevel foretager man de dyre Udbedringsarbejder uden at ombytte Jærnstængerne med Bronzestænger; i alt Fald var dette Tilfældet endnu i 1932.

Jærns Rumfangsførelse ved Omdannelse til Rust angives almindeligvis at være ca. 100%, men

¹⁾ Fordanske Eternitrør med $d = 20$ cm fandtes Længdeudvidelsen fra lufttør til vandmættet Tilstand ved 18° at være $0,77$ mm/m ($0,66-0,89$).

²⁾ Undersøgelser over Cellebetons Volumenændringer, Kbhvn. 1934, S. 118.

³⁾ Varigheden kan forøges ved dobbelt Forzinkning. Se A. S. T. M. Standards 1930, Part 1, Metals.

følgende Regnestykke viser, at den maa være langt større. Jærnets Molekulvægt er 55,8, dets Vægtfylde 7,85, altsaa Molekulrumfang 7,1. Rust bestaar af Fe₂O₃ med 1 til 3 eller endnu flere Molekuler Vand; den vandfattigste Forbindelse Fe₂O₃ · H₂O har Molekulvægt 177,6, Vf. ca. 4, altsaa Molekulrumfang 44,4. Da der heri indgaar 2 Jærnmolekuler med Rumfang 2 · 7,1 = 14,2, er Rustens Rumfang 44,4 : 14,2 = 3,12 Gange Jærnets, altsaa Jærnets Rumfangsforøgelse 212%. Da Rusten som Regel er vandrigere end her forudsat og tilmed porøs, bliver Rumfangsforøgelsen endnu meget større.

Brug af Jærndybler til Fastgørelse af hvide Marmorplader paa Gravsten kan bevirke, at Rusten bagfra vandrer ud i Pladen, saa denne faar brune Skjolder.

Vinden kan i nogle Egne medføre saa meget Sand og Støv, at den virker som Sandblæst og i Aarenes Løb bortsliber Stenenes blødere Bestanddele. Den kan ogsaa udhule Stenene, som man undertiden ser det i indadgaaende Hjørner paa meget gamle Bygninger, hvor Vinden danner Hvirvler.

3. Kemisk Forvitring.

106. En nødvendig Betingelse for kemisk Forvitring er, at Stenen helt eller delvis er opbygget af Mineralkorn, der ikke taaler de atmosfæriske Stoffers kemiske Indvirkning. Men det er dog kun i underordnet Grad Stenens kemiske Sammensætning, der bestemmer dens Holdbarhed. Denne afhænger overvejende af de Vand- og Luftbevægelser, der foregaar i Porerne, altsaa af Stenens Struktur.

De skadelige kemiske Processer kan deles i (a) Opløsningsprocesser uden Sprængvirkning, ved hvilke der blot føres Materiale bort fra Stenen i opløst Stand, (b) Krystallisationsprocesser, ved hvilke faste Korn omdannes til mere voluminøse, eller opløste Salte udkrystalliserer og derved udøver et Tryk (§ 121, 128) i Stenens Porer, (c) Skorpedannelse, som er en særlig Form for (b).

Vejrfast i praktisk Forstand er Kvarts, Flint, Kalifeidspat, frisk Kalknatronfeldspat, lys Glimmer, Kalkspat. Ikke vejrfast er Feldspat (navnlig Kalknatronfeldspat), der er begyndt at forvitte, mørk Glimmer, Svovlkis (Pyrit og Markasit), Magnetjærnsten, Glaukonit.

a. Opløsningsprocesser.

a. Stenenes Syrefasthed.

107. Forud for de af Nedbøren forarsagede Opløsningsprocesser skal Stenenes Syrefasthed omtales.

Visse Natursten er lige saa syrefaste som Klinker og foretrakkes undertiden til Fremstilling eller Beklædning af store Syrekar, navnlig fordi de kan faas i større Plader, hvorved Længden af Mørtelfuger - det mest saarbare Sted forringes.

Kun syrefaste Sten bevarer deres Politur i fri Luft.

De mest syrefaste Sten træffes blandt de kvartsrige: Kvartsit, Granit, Sandsten, Lerskifer. Syrefastheden nedsættes af Svovlkis, Karbonater og Glimmer. Kalkholdige Sten taaler ikke Syrer.

Alle Natursten angribes af Flussyre og hed (400°) Fosforsyre. Kvartsit taaler alle Syrer undtagen Flussyre og varm Fosforsyre; bruges til Syretaarne; taaler ikke Alkalier. Diatomekisel har lignende Egenskaber og bruges til Syrefiltre. Granit af egnet Sammensætning bruges til Syrekar og Syretaarne (Svovl- og Salpetersyre); Granit fra Drammen (Norge) anvendes paa denne Maade; om Feldspaten se § 14. Kalkglimmer er ret syrefast, Magneslaglimmer tæres af Svovlsyre. Pimpsten bruges til Fyldlegemer i Syrefiltre; tæres ikke af Svovlsyre, og Svovlsyrling og næsten ikke af Salpetersyre. Lava kan være meget syrefast; Lava fra Byen volvic i Auvergne taaler Svovl-, Salt- og Salpetersyre og bruges i Svovlsyretaarne. Sandsten med kiselrigt Bindemiddel bruges til Syrekar og (i Stedet for Lerfliser) til Foring af Beton-Spildevandsledninger i og fra kemiske Fabriker. Er Syren varm, maa der tages Hensyn til Varmespændingerne; disse taaes særlig godt af visse Sandsten, f. Eks. en Sandsten fra Main. Lerskifer har tidligere været brugt til Bryggeriernes Gæringskar; den skal være kalkfri. Fedtsten er ret syrefast, Steatit meget, ligesaa Hornblendeasbest, men ikke Serpentiniasbest. Kalksten opløses under Brusning af selv svage kolde Syrer som Eddikesyre. Dolomit opløses ikke af kold Saltsyre undtagen i Pulverform; ellers kræves varm Saltsyre. Anhydrit opløses forholdsvis lidet af Saltsyre og uden Brusning; 11 kemisk ren Saltsyre fortyndet 1 : 7 opløser ved 19° 0,222 g Gips.

108. Afsyring af Facåder for at fjerne Mørtelpletter foretages med fortyndet Saltsyrel), men bør ikke foretages, da den rummer store Farer:

(1) Stenene kan misfarves, f. Eks. kan jærnholdig Granit faa brune Skjolder.

(2) Den ydre Stenskal og Mørtlen kan blive delvis opløst, saa den senere smulrer eller skaller af.

(3) Den i Muren forblivende Syrerest kan sammen med Stenenes eller Mørtlens Bestanddele danne Salte, der udblomstrer eller inde i Muren danner sprængende Krystaller.

Man bør derfor tilrettelægge Arbejdet saaledes, at Afsyring overflødiggøres. Enten maa man begrænse Mørtelpildet til det mindst mulige og straks afbørste de uundgaaelige Pletter med rent Vand - hvilket navnlig er gennemførligt, hvis Stenens Farve ligner Mørtlens - eller man maa dække den opmurede Del af Facaden med Papir eller paa anden Maade; Granitflader kan f. Eks. slæmmes over med Ler, der let afvaskes senere.

Gode Haandværkere afsyrer utvivlsomt ikke Kalk- og Sandsten, kun Eruptiverne, men ogsaa disse maa helst gaa fri.

Naar Afsyring foretages, bør følgende Fremgangsmaade følges:

(1) Muren møttes med rent Vand, saa den ikke indsuger Syren.

(2) Afsyringen foretages med en meget tynd Syre.

(3) Efter Afsyringen skylles grundigt med rent Vand.

Hvis Stenene alligevel faar Pletter kan disse undertiden fjernes med stærkere Saltsyre, og endnu grundigere Efterskyllning.

Den tekniske Saltsyre, der hidtil har været brugt til Afsyring, indeholder næsten altid Svovlsyre, og denne kan omdanne Kalciumkarbonat til Gips, der sprænger (§ 115). Bedre er syntetisk Saltsyre; denne er svovlsyrefri og kun 10% dyrere end den almindelige (E. Suenson: Mursalte, Kbhvn. 1941).

Angaaende de Skader, Afsyring af Teglstensfacader kan forvolde, henvises til E. Suenson: Die Einwirkung von Salzsaure auf Ziegelsteinfassaden (Ingeniørvidenskabelige Skrifter A Nr. 40).

β. Nedbørens Opløsningssevne.

109. Naar Regnvand og Fortætningsvand tærer Stenene, skyldes det navnlig Vandets Indhold af Kulsyre og Svovlsyre; den sidste er den værste. De rene Opløsningsprocesser, ved hvilke der kun bortføres Materiale, men ikke sker Sprængninger, er ret uskadelige. De Opløsningsprocesser, der er ledsagede af Sprængninger, er langt mere ondartede og vil blive omtalt for sig (§ 114).

I Byggetekniken er det næstest udelukkende kalkholdige Sten, der i synlig Grad opløses; navnlig opløses Gips, dernæst Kalciumhydroksyd (i Mørtel og Beton) og endelig Kalciumkarbonat.

Er Stenen uporøs, opløses kun Overfladen, og det foregaar saa langsomt, at Stenen i højere Grad skæmmes end skades (Fig. 109). Saalbænke af kalkholdig Skifer bliver lyse under Regnens Indflydelse. Poleret Marmor hurtig Polituren, og ofte

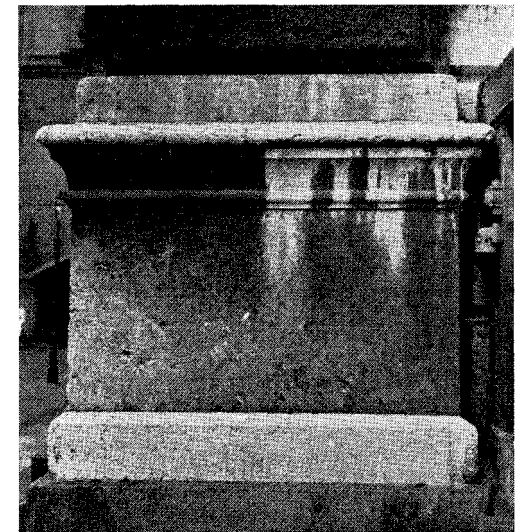


Fig. 109. Det kgl. Teaters Sokkel. Listens Vandnæse er bortvitret paa en Strækning, og her driver det sure Regnvand ned ad Kalkstensfladen og skyller den ren.

1) Rensning af nyopførte Facader med Saltsyre har i Danmark næppe været brugt før omkring 1885. Begyndelsen af 1890'erne var den kendt; i Slutningen af 1870'erne mener man ikke, den har været

forsvinder Farve og Tegning samtidig; Overfladen bliver mat og hvidgraa. Overfladens Tilbagekyning bliver først maalelig i Løbet af Aartier (Fig. 109,1)1).

Ved Vandets tærende Virkning bliver Stenoverfladen mere eller mindre ru, idet nogle Korn tæres stærkere end andre. Hos en Sten som Marmor, der bestaar af et enkelt Mineral, er det muligvis de ved Behugningen eller Savningen gennemskaaene Korn, der tæres mest, muligvis skyldes Forskellen blot Kornenes forskellige Orientering. Efter at disse mest disponerede Korn er forsvundne, skænder Opløsningen langsommere frem. Saadanne ru Overflader træffes f. Eks. paa gamle Marmorkunstværker, der har ligget i vaad Jord, hvis Vand ikke har været kalkmættet.

Marmors Politur forsvinder i Løbet af faa Aar i fri Luft, og derefter tæres Overfladen 2-3 Gange saa hurtigt som tidligere. Storkornet Marmor staar sig bedst. Politurens Holdbarhed forøges, naar man hyppigt bortvasker Sod og andet Snavs, der binder Syrerne, og ofte forbindes denne Behandling med en Indfedtning.

Man vadsker med varmt Vand eller Damp og børster med en umetallisk Børste. Bruges Sæbe, maa det være en mild, neutral Sæbe. Butiksfacader vadskes bedst For- og Efteraars; efter Tørring kan de gnides over med en Klud sparsomt vædet med en tyktflydende, farveløs Mineralolie. Ved denne Behandling kan det lykkes at bevare polerede tætte Kalkstens Politur og Farge i lange Tider.

Marmormindesmærker bliver undertiden imprægnerede med Bivoks emulgeret i Benzin eller opløst i Xylol; man bruger tynde Vædsker og paafører dem med en Pensel i den varme Aarstid. Mindesmærker, der er behandlede paa denne Vis, vadskes hvert halve Aar og nyimprægneres hvert eller hvert andet Aar. Disse Vokninger- bør ikke foretages, hvis Stenen kan indsuge Vand gennem andre Flader end den voksede.

Vil man ikke imprægnerer, kan man efterpolere Stenen, inden den gamle Politur har lidt for meget, men ogsaa disse Efterpoleringer - der sker med bløde Stoffer som Blyuld og Tinaske - maa gøres hyppigt.

Porøse Sten, der indsuger Vandet, saa dette faar en større Angrebsflade, er mindre gunstigt stillede²⁾, men er Stenen en ren Kalksten, vil den heller ikke i dette Tilfælde lide væsentlig Skade. Stærkest tæres porøse Sandsten med Kalk som Bindemiddel, fordi Opløsningen af en ringe Mængde Kalk kan løsne et stort Antal Sandkorn; disse bliver fremstaaende og kan gnides af eller fjernes paa anden Maade; man siger, at Stenen »afsander« (§ 118). Samme Fænomen kendes fra Mørtler og Beton.

1) For et Marmor med 4% Porer fandtes i Washington 0,06 mm i Løbet af 10 Aar.

2) Paa Kalkstensøjlerne om Madeleine Kirken i Paris kan man se, at de af Regnen renavskede Flader undertiden ligger tilbage for Mørtelfugerne, hvilket skyldes, at Mørtlens Opløselighed har været mindre end Kalkstensens.

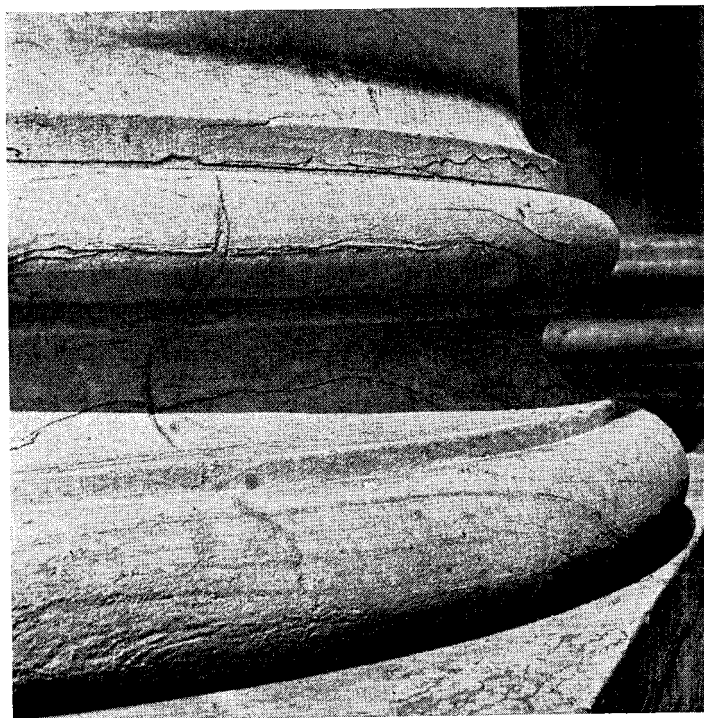


Fig. 109,1. Marmorkirkens Gjellebæk-Marmor. De mørke Linier er Kvartsaarer, der staar en lille mm frem, fordi Regnen kun har opløst Marmoret.

110. Rent Vand opløser praktisk talt ikke Kvarts og de fleste Silikater!); heller ikke Kalciumkarbonat og Magniumkarbonat opløses i væsentlig Grad, hvorimod Gips er let opløselig.

1 Liter kemisk rent Vand opløser ved 18-20° følgende Mængder²⁾:

Gips (CaSO ₄ · 2H ₂ O)	2,5 Gram	Kalciumhydroksyd (Ca(OH) ₂) ..	1,6 Gram
Kalciumsulfat (CaSO ₄) ...	2,0 »	Kalciumkarbonat (CaCO ₃)	0,013 »

Aa- og Mosevand kan undertiden opløse 40 Gange saa meget CaCO₃ som rent Vand.

Nogle Sorter, som havde Ord for at være særligt tærende, undersøgte i *Laboratoriet for Byggeteknik* med det Resultat, at 1 Liter opløste 2 g Ca(OH)₂ og 0,3-0,4 g CaCO₃. For en af Sorterne var PH=7,5; for Regnvand kan man finde PH=4,2-6,4.

Temperaturen har stor Indflydelse paa Opløseligheden. Dennes Maksimum ligger undertiden ved en høj Temperatur, undertiden ved en lav.

111. Kulsyreholdigt Vand opløser de fleste Mineraler og navnlig Kalciumkarbonat. Dettes Opløselighed i Vand mangedobles af Kulsyren.

1 Liter Vand med	0 mg CO ₂ opløser ca.	0,013 g CaCO ₃
1 » » » »	0,61 » » »	» » 0,065 »
1 » » » »	1900 » » »	» » 1,175 »

Se igrøvrigt E. Sllenson: *Cementrørs Syrefasthed*, Kbhvn. 1935, S. 9.

Opløseligheden af CaCO₃ i kulsyreholdigt Vand øges, naar Vandet indeholder Salmiak, Natriumsulfat eller Magniumsulfat, og mindskes, naar Vandet indeholder Baryum- eller Magniumkarbonat.

Andre Mineraler, der opløses af Kulsyrevand, er: Stensalt, Anhydrit, Gips, Kalcium- og Magniumkarbonat, Dolomit og Feldspat. Ved Feldspatens Opløsning dannes kiselsur Lerjord (Kaolin) samt Kiselsyre og Kalium-, Natrium- eller Kalciumkarbonat, af hvilke Kaolinen er uopløselig, mens det øvrige opløses af Vandet og siver bort med det. Selv Kvarts angribes, omend i ganske forsvindende Grad.

Kulsyrevands opløsende Evne viser sig i Byggeteknikennæsten udelukkende paa kalkholdige Sten. Kalciumkarbonatet omdannes til Bikarbonatet, som er opløseligt, og bortføres af Regnvandet, som muligvis udskiller det et andet Sted som Karbonat, idet Kulsyren undviger. De grimme hvide Aflejringer, som der ved opstaar, kan kun fjernes med Saltsyre.

At Kulsyren forøger Vandets kalkopløsende Evne stærkt, viser sig, naar man leder Kulsyre til (eller aander i) klart Kalkvand, hvorved Vandet først bliver mælket og derefter atter klart; den første Kulsyre bindes helt af Kalken, og det endnu kulsyrefri Vand kan kun holde en lille Del af det dannede CaCO₃ i Opløsning, Resten udfældes midlertidigt, indtil Vandet er blevet kulsyrerigt nok til at opløse den. Koges Vandet, bortgaar CO₂, og der udfældes atter CaCO₃ (Kedelsten).

Ved Analyse af kalkholdig Sandsten og Trakyt i Industribyer har man kunnet paavise Kulsyrevandets Formindskelse af Kalkmængden indtil en Dybde af f. Eks. 1 cm. At det ikke skyldtes Svovlsyre fremgik af, at der ingen Sulfater fandtes i Stenene.

En Hurtigprøve for Stens Opløselighed i CO₂-Vand kan ske i en Autoklav, hvori Stenen liggende under Vand i et Døgn udsættes for et CO₂-Tryk af 10 at, hvorefter Mængden af opløst Stof bestemmes.

Navnlig Grundvand er ofte rigt paa Kulsyre, som det har optaget i Jorden, men ogsaa Regnvand og navnlig Snevand kan indeholde betydelige Mængder, som det har optaget fra Luften.

Regnvandet i Industriegne indeholder ofte 1,5 cm³/l, man har maalt op til 22, og PH kan synke til 4,2.

Luftens Kulsyremængde angives som Regel at være 0,25-0,35 cm³ pr. Liter. Ved Maalinger i Wien 1929 fandtes 0,33-0,56 cm³/l, og Mængden var ikke større 5 cm over Jorden end 70m over denne.

Luften i en Storby indeholder næppe under 0,32 cm³ pr. Liter; da 1 cm³ CO₂ vejer 1,965 mg (ved 0° og 760mm Tryk), svarer det til 0,32 · 1,965 = 0,63 mg CO₂ pr. Liter. I saadan Luft vil 1 Liter Vand kunne optage 0,61 mg CO₂ ved 20° og langt mere ved 0°; i en ren Kulsyre-atmosfære optager 1 Liter Vand 1900 mg CO₂ ved 20° og 3700 mg ved 0°.

1) Naar fint pulveriseret Kalkfeldspat fugtes med udkogt Vand, kan man dog lidt efter paavise med Lakmuspapir, at Vandet reagerer alkalisk.

2) De Tal, man finder i Litteraturen, er ofte uoverensstemmende. Mange Mineraler er ulige opløselige i krystallinsk og i amorf Form.

Den Skade, kulsyreholdigt Vand gør paa Bygningssten, er dog ret begrænset sammenlignet med den Skade, som svovlsyreholdigt Vand forretter; Sprængvirkninger er sjældne (§ 115).

112. Svovlsyreholdigt Vand opløser langt stærkere end kulsyreholdigt og angriber næsten alle Mineraler bortset fra Kvarts.

I Industribyer indeholder Luften altid megen Svovlsyre fra Skorstensrøgen. Ved Forbrænding af svovlholdige Kul dannes Svovlsyrlinganhidrid (SO_2) der forener sig med Røgens Vanddampe til Svovlsyrling (H_2SO_3), som i Luften iltes til Svovlsyre (H_2SO_4). I klart Vejr spredes Syrerne mere eller mindre hurtigt, i skyet optages de af Skyerne, og den svovlsyreholdige Nedbør fra disse er i endnu højere Grad end den kulsyreholdige i Stand til at opløse Stenene, først og fremmest Kalkstenene, hvis $CaCO_3$ omdannes til den letopløselige Gips.

Stenenes hurtige Ødelæggelse i Industribyer skyldes dog kun i underordnet Grad en simpel Opløsningsproces, hvorved den til Gips omdannede Kalk fjernes, men derimod, at der ved den vaade Stens Tørring udskilles Gips, der fylder 70 % mere end Karbonatet og derfor kan virke sprængende (§ 115).

I en Sten, der hyppigt overregnes, bortføres Gipsen for en stor Del af Regnen, saa den hindres i at gøre Skade, hvorimod Sten, der ikke rammes af Regn, men som indsuger Syren i taaget Vejr eller med Kondensvand, efterhaanden fyldes med Gips og sprænges.

At Regnens Surhedsgrad ikke er bestemmende for Skadernes Omfang fremgaar af, at Regnen i London — hvis Sten forvitret stærkt — ikke er væsentlig surere end Regnen ude paa Landet i betydelig Afstand fra London, paa Steder hvor Luftens Indhold af SO_2 kun er $1/10$ af, hvad det er i London, og hvor Stenene er holdbare. Disse Maalinger bekræfter, at Syrerne fra en Industribys Skorstene for en stor Del optages af Skyerne og af disse føres ud over Landet.

I London kan Regnen indeholde indtil 80 mg ($26,6\text{ cmS}$) SO_3 pr. Liter som Gennemsnit for en Maaned. Tallet er størst i regnfattige Maaneder.

Den stærke Forvitring i Industribyer skyldes den Svovlsyre eller Svovlsyrling, som Kondensvand, Rim og Sne absorberer fra Luften). Taage virker stærkt ødelæggende (§ 116), ligesaa Sne, der i længere Tid bliver liggende paa Stenene og indsuger Luftens Syrer, navnlig Svovlsyre. Dennes Virkning mærkes ogsaa i Industribyernes Biblioteker, idet Bøgerne mørnes hurtigere end i Landluft.

Luftens svovlsyreindhold varierer i Overensstemmelse med Luftens relative Fugtighed; ved Temperaturfald øges begge. Luftens Svovlsyreindhold i Byerne er størst om Vinteren, dels paa Grund af den større Fugtighed, dels paa Grund af det ekstra Kulforbrug til Opvarmning. Om Vinteren har man i Berlin fundet $1,8-3,3\text{ mg SO}_2$ pr. mS Luft, og lignende Angivelser haves fra London; ved Maalingerne har man filtreret Luften, saa Sodpartikler holdes borte, ellers kan man finde 10 Gange saa høje Tal. Domkirken i Köln, og andre Kirker angives at være stærkest forvitret i Højden 20-45 m, hvilket Griin mener skyldes, at der i denne Højde er særlig store Mængder SO_2 , hvilket han fandt bekræftet ved Forsøg i Dtlsseldorf.

Svovlsyrlingen iltes saa hurtigt til Svovlsyre, at det i ganske overvejende Grad er denne, der faar Betydning. Sne, der mættes med Svovlsyrling, indeholder 2 Dage senere kun Svovlsyre. Ogsaa Vand indeholder saa megen Ilt, at det hurtigt omdanner Svovlsyrlingen. Men ogsaa Svovlsyrlingen som saadan kan utvivlsomt gøre Skade, thi den absorberes af tørre Sten. Der skulde da ikke dannes Kalciumsulfat, men Kalciumsulfid, og dette Stof træffes altid i kalkholdige Sten i London og München, derimod ikke i Wien. Kalciumsulfids Tilstedeværelse kan paavises ved en med Jod blaaet Stivelseopløsning, idet denne affarves, fordi Sulfid iltes til Sulfat, og Jodet reduceres til Jodbrinte, der er en farveløs Luftart. En saadan Virkning har Sulfatet ikke.

1) Paa en vaad, kalkholdig Sten, der har været anbragt i Svovlsyrlingluft, kan man under Mikroskopet se smaa, glasklare Gips-Krystaller.
2) Allerede i 1907 regnede man i München med, at der fra Boligildsteder udvikledes 8 Millioner mS Svovlsyrling aarligt.

113. Saltholdigt Vand gør som Regel mindre Skade end surt. Havluft indeholder saaledes smaa Mængder af Kogsalt, Magniumsulfat og Magniumklorid men disses Virkning er underordnet sammenlignet med Syrer nes.

Man træffer som Regel ikke Klorider i angrebne Sten. Kogsalt i Vandet kan dog gøre Skade ved, at befordret Opløsning opløser 31 Gang saa megen Gips som 1 kg rent Vand. Kogsalts Opløselighed er lidet paavirket af Temperaturen. Saltmængden i en mættet Opløsning er 26,2 % ved 0° og 35,1 % ved 300° , og Variationen er nogenlunde retliniet.

Saltholdigt Vands Evne til at opløse andre Salte er undertiden større undertiden mindre end rent Vands.

Et Salts Opløselighed i Vand bliver oftest forringet, naar man tilsætter et andet Salt (eller en Syre) med tilsvarende Ion. Af en mættet Kogsaltopløsning udfældes saaledes Kogsalt, naar man tilsætter nogle Draaber koncentreret Saltsyre.

Indeholder Vandet to Salte med samme Ion, som i K indvirker kemisk paa hinanden, f. Eks. $NaCl$ og KCl , kan Forholdene være som vist i Fig. 113, hvor hvert Punkt af Planet svarer til en Opløsning.

Med dets Ordinat angives Opløsningens Indhold af $NaCl$ (Antallet af $NaCl$ -molekuler i 1000 Molekuler Vand), dets Abscisse Indholdet af KCl . Temperaturen forudsættes at være 25° . Punktet A svarer til en mættet Opløsning af $NaCl$; tilsættes lidt KCl , gaar dette i Opløsning, men samtidig udskilles $NaCl$ saaledes at den nye Opløsning ligger paa Linien AC. Naar der er tilsat saa meget KCl , at Opløsningen ligger i Punktet C, er dens samlede Saltmængde saa stor, som den kan blive; tilsættes mere KCl , sker $NaCl$ -Udskillelserne langs den stejle Linie CB, hvor Punktet B svarer til en mættet KCl -Opløsning. Alle mættede Opløsninger ligger altsaa paa Linien ACB; inenfor denne ligger alle de umættede Opløsninger.

HVIS en Opløsning D inddampes, bevæger den sig ad Linien DE, idet Koncentrationen stiger, uden at Forholdet mellem de to Saltmængder ændres: først naar Punktet E er naaet, begynder der en Udskillelse, nemlig af KCl , og ved yderligere Fordampning følges Linien EC; Opløsningen bliver mere koncentreret, men fattigere paa KCl . Naar den maksimale Koncentration er naaet i Punktet E, vil Videre Udtørring bevirke Udskillelse af begge Salte i det til Punktet C svarende Forhold, og Modderluden bevarer altsaa denne Sammensætning, indtil alt Vand er fordampet, hvorefter den består af det ene Salt og senere et koncentreret Lud C.

Saa danne Forhold forklarer mange af de Lag der findes i Bjergarterne. I et af dem træffer man et Lag af det ene Salt og senere et andet, og om tørt vil der saaledes først bundfældes et Lag af det ene Salt og senere et andet i et konstant Blandingsforhold.

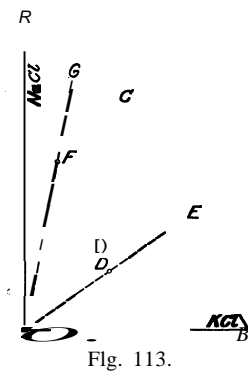


Fig. 113.

b. Krystallisationsprocesser.

u. Oversigt.

K 114. Ligesom Vandet ved at krystallisere til Is virker sprængende, kan andre krystallisationsprocesser gøre det, og det sker da hyppigst under en af følgende Former:

(1) En iøvrigt vejrfast Sten kan indeholde spredt liggende "Mineraiko" der sprænges ved kemisk Omdannelse (§ 115).

(2) Saltkrystaller, der har afsat sig i Stenens Porer, kan optage Krystalvand og derved svulme op (§ 116-8).

(3) Saltopløsninger i Porerne kan, naar Stenen tørrer, føres frem til Overfladen og der udskille Krystaller, som ved deres Vækst virker sprængende" (§ 119-21, 123).

En skarp Grænse mellem disse Former kan dog ikke trækkes.

I Modsætning til de tidligere omtalte Opløsningsprocesser, der overvejende foregaar paa de af Regnen overskyllede Flader, sker samtlige sprængende Krystallisationer paa Flader, der enten faar Vandet tilført bagfra eller i rindende Mængde forfra (Taage, Kondensvand); der, hvor Regnen træffer, fjerner den de skadelige Salte.

β. Stenkorns Vækst ved kemisk Omdannelse.

115. En Betingelse for, at kemiske Omdannelser virker sprængende, er, at de farlige Korn ligger spredt i Stenen og ikke har Plads til at udvide sig.

Kalciumkarbonats Omdannelse til Gips medfører 70 % Udvidelse, og hvis en tæt Skifer eller Sandsten indeholdende lidt Kalciumkarbonat paavirkes af Svovlsyre, kan den sprænges. Et grelt Eksempel paa, at man ikke altid fra en Stens Styrke og Haardhed kan slutte til dens Vejrfasthed, afgiver den grønlandiske Igaliko-Sandsten (§ 177), der gør Indtryk af at være tæt og stærk som Kvarts, men som indeholder lidt Kalk. Naar et lille kvadratisk Prisme af denne Sten anbringes i Svovlsyrlingluft, sprænges det i Løbet af kort Tid, som Fig. 115 viser.



Fig. 115. Igaliko-Sandsten sprængt af Svovlsyrling. 1/1.

Derimod sprænges en Kalksten sædvanligvis ikke, thi Kornene i Overfladen har Plads til at udvide sig, og til de dybere liggende Korn naar Syren ikke ind, fordi den neutraliseres forinden. Dog kan Kalksten med porøse Aarer tage Skade. Paa en »bronzefarvet« Ølandssten (§ 200), der beklædte en københavnsk Facade, stod de lyse Aarer frem som følelige Volde, der let lod sig gnide bort med Fingrene, og nogle af dem havde fremstaaende, løse Skæl. Ved at ophænge en Stenprøve i Svovlsyrlingluft kunde man i Laboratoriet fremkalde de samme Virkninger.

Selv i Stueluft kan CaCO_3 omdannes til Gips. Paa en poleret Marmorvase (tæt Kalksten) kunde man føle, at nogle fine lyse Aarer var blevet svagt fremstaaende, og en Analyse bekræftede, at der var dannet Gips i dem.

Kalciumkarbonats Omdannelse til Gips er Hovedaarsagen til Stenødelæggelserne i Industribyer (§ 112). Omdannelsen kan ske ikke blot under Indvirkning af Svovlsyre, men ogsaa under Indvirkning af Magniumsulfatopløsning.

Af andre sprængende Processer skal følgende nævnes:

Kalciumkarbonat + Eddikesyre danner Kalciumacetat under Rumfangsvækst.

Kalciumhydroksyd kan under særlige Forhold omdannes til meget voluminøse Salte, saaledes til Cal (Kalciumoksyklorid: 3CaO , CaCl_2 , $16 \text{H}_2\text{O}$)¹⁾ og til det for sin betonødelæggende Virkning berygte Kalcium-Aluminium-Sulfat, som Tyskerne kalder Cementbacillen, og som udkrystalliserer med 32 Molekuler Vand.

Svovlkis' Omdannelse til Jærnsulfat (§ 19) er ledsaget af Udvidelser. I Oslo, hvor mange Bygninger opføres paa svovlkisholdig Alunskifer, er der sket voldsomme Hævninger af Kældergulve og Fundamenter, fordi der ved Byggegrubens Fremstilling gives Luften Adgang til Skiferen. Derfor asfalterer man nu dennes Overflade, inden man bygger paa den.

Ogsaa den Svovlsyre, der dannes ved Svovlkisens Forvitring, kan gøre Skade paa denne Maade og ikke blot ved at opløse andre Stenbestanddele, thi hvis disse Opløsninger ikke føres bort af Regnen, men tørrer ind, kan de muligvis udskille sprængende Krystaller. I Stenflader, der er udsat for Regn, plejer Svovlkisens Forvitring dog ikke at medføre Sprængninger, i alt Fald gælder dette for Granit.

Andre Jærnforbindelser kan af Kulsyre omdannes til Jærnkarbonat under Rumfangsførgelse.

¹⁾ Se E. Suenson: Die Einwirkung von Salzsäure auf Ziegelsteinfassaden, København 1935.

γ. Krystallers Vækst ved Vandoptagelse.

116. Salte, hvis Indhold af Krystalvand veksler, og som derved skifter Rumfang, er oftere end de foregaaende Aarsag til Skader. Størst Betydning har en Række vandopløselige Salte, navnlig Natrium- og Magniumsulfat, som enten (1) paa Forhaand findes i Stenen eller (2) vandrer ind i denne fra Mørtlen, Jorden eller Luften eller (3) dannes i Stenen under Indflydelse af indtrængende Stoffer, navnlig Luftens Svovlsyrling.

Disse Salte har den Evne at kunne udkrystallisere med et varierende Indhold af Krystalvand og et tilsvarende varierende Rumfang, og de dannede Krystaller kan senere gaa over fra den ene Tilstandsform til den anden. Naar den omgivende Luft ændrer Temperatur eller Fugtighed, ændrer Krystallerne Rumfang. Derfor virker disse Krystaller ikke blot sprængende ved deres Dannelse, men ogsaa senere hen. I en solvarm Facade kan man træffe vandfrit Na_2SO_4 ; naar Temperaturen synker, og Luftens Fugtighed stiger, optager disse Krystaller Vand, hvorved de vokser og trykker paa Stenens Porevægge. Hermed stemmer Iagttagelser paa Kølns Domkirke, nemlig at Sandstenens Afskalling navnlig foregaaer efter langvarig Taage.

117. Natriumsulfat optræder som Thenardit (Na_2SO_4) med Vægtfylde 2,66 og Glaubersalt ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) med Vf. 1,46, sjældnere i Mellemformen $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Glaubersalts Opløselighed vokser med Temperaturen til et Maksimum ved $32,4^\circ$; Thenardits Opløselighed vokser med synkende Temperatur til et Maksimum ved $32,4^\circ$. Opvarmes Glaubersalt til denne Temperatur, omdannes det til Thenarditkrystaller liggende i en mættet Thenarditopløsning. I Temperaturer over $32,4^\circ$ udskilles en mættet Opløsning Thenardit, der derfor kan forekomme i solbeskinnede Facader; i Temperaturer under $32,4^\circ$ udskilles derimod Glaubersalt, hvis Rumfang er 4,2 Gange saa stort). Derfor kan der om Sommeren dannes Thenardit i Murværket, og disse Krystaller vil ved synkende Temperatur eller voksende Luftfugtighed omdannes til Glaubersalt, der ved stigende Temperatur eller Udtørring atter bliver til Thenardit.

Mætter man en Sten med Na_2SO_4 -Opløsning og lader den tørre i Stueluft, finder man Thenardit i den; lægger man den derefter i fugtig Luft, finder man Glaubersalt i den. Følgelig kan der i en Facade ikke blot i Løbet af Aaret, men ogsaa i Løbet af Døgnet ske gentagne Omdannelser af Thenardit til Glaubersalt og omvendt.

Sprængningerne skyldes ikke, at det vandholdige Salt fylder mere end Summen af de to Komponenter Na_2SO_4 og $10\text{H}_2\text{O}$, thi det modsatte er Tilfældet, men naar en Thenarditkrystal i en Stenpore suger Vand fra de kapillære Porer og derved omdannes til Glaubersalt, stiger dens Rumfang til det 4,2 dobbelte, og da den ikke kan presse sig ind i Kapillarerne, opstaar Trykket.

Løsningskraften kan Glaubersaltet ogsaa gøre Skade paa egen Haand. Det er let opløseligt i Vand, og Opløseligheden er som nævnt størst ved $32,4^\circ$; ved synkende Temperatur dannes der let overmættede Opløsninger, af hvilke Krystallerne pludseligt udskiller sig (§ 33).

Magniumkarbonat (MgCO_3), der bl. a. forekommer i Dolomit, omdannes af Svovlsyre til Bittersalt, Epsomit ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), hvis Rumfang er 5,3 Gange Karbonatets. Udblomstringer paa Wiens Kalksten og Kalk-Sandsten Slæges næsten udelukkende at bestaa af Epsomit (undertiden i Form af fine Haar eller spidse Naale), desuden findes Sulfater af Ca, Na og K. Ligesom Na_2SO_4 vil ogsaa MgSO_4 kunne optræde med vekslende Mængder Krystalvand og derved foraarsage Sprængninger. Mætter man en Sten med MgSO_4 -Opløsning og lader den tørre i Stueluft, finder man $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ og $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; lægger man den derefter i fugtig Luft, findes $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

100 g mættet Opløsning indeholder 21,5 g MgSO_4 ved 0° , og Mængden stiger retliniet til 37 g ved 66° ; ved højere Temperaturer aftager Opløseligheden.

Astrakanit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) kan udskilles i Temperaturer over $20,5^\circ$. saafremt Opløsningen er ren; indeholder den Klorider, sænkes den kritiske Temperatur til 5° . og en lignende Virkning har Nitrater. Kommer der flydende Vand til Astrakaniten, vil denne i Temperaturer under $20,5^\circ$ omdannes til Glaubersalt + Epsomit, hvis samlede Rumfang er $2\frac{1}{2}$ Gange Astrakanitens.

118. **Afsanding**, hvorved man forstaar, at Stenoverfladen - eller Dele af den - langsomt smulrer og rykker tilbage, kan skyldes Frost (§ 92, 96), eller at Bindemidlet mellem Kornene opløses (§ 109), men lige saa ofte skyldes det de foran nævnte Salte²⁾. Hvis en Sokkel afsander lige over Jordlinien, hvor den

1) indeholder Vandet ogsaa andre Salte (Magniumsulfat, Klorider), sænkes den kritiske Temperatur, og den kan synke til 15° .

2) Se Fig. 17-22 i E. Suenson: Husbygningstekniske Fejl (Dansk Ingeniørforening: Husbygningsteknik-DISK Kursus, Kbhvn. 1940, S. 153).

til Stadighed er vaad, skyldes det sandsynligvis Frost; hvis den afsander højere oppe, langs den Grænse, til hvilken Haarrørene kan opsuge Jordfugtigheden, skyldes det sandsynligvis Salte; her kan Afsandingen gaa i Dybden, saa der dannes en Fure langs Grænselinien (Fig. 33).

Afsanding kan undertiden foregaa indendørs. I Holmens Kirkes Kapel staar en Sandstenssarkofag indeholdende Liget af en af Niels Juels Døtre, og denne Sarkofag smulrer langsDmt.

δ. Krystallers Udskillelse af overmættede Opløsninger.

119. Saltudvandring under Udtørring. Naar Stenoverfladen afgiver Fugtighed ved Fordampning, vil Haarrørskræfterne suge nyt Vand fra Stenens Indre frem til Overfladen, og de i Vandet opløste Salte vil da udkrystallisere enten paa selve Stenoverfladen (§ 122) eller i Stenens Porer et Stykke under Overfladen (§ 123); se Fig. 33,2. I stille, fugtigt Vejr naar de helt frem til Overfladen, i tørt, blæsende Vejr naar de ikke saa langt.

Mætter man en porøs Sten med en tynd Opløsning af Na_2SO_4 og henstiller den til langsom Tørring, vil Saltene fortrinsvis udblomstre i Hjørner og Kanter, da Fordampningen navnlig sker fra disse. Sker Udtørringen hurtigere, viser Saltene sig fortrinsvis et Stykke inde paa Fladerne, da Fordampningen fra Hjørnerne er saa livlig, at Saltudskillelsen der sker inde i Stenen. Og tørrer man Stenen i hed Blæst, vil de maaske slet ikke vise sig.

Ganske tilsvarende "Forhold træffes paa Bygværker. Paa Skygge- og Læsider udskiller Saltene sig i fremspringende Hjørner og Kanter og i Forhøjninger; paa Sol- og Vindsider sker Udskillelserne længere inde paa Fladerne eller i Fordybninger.

Er Stenenes Porestørrelse og Porefordeling uensartet, som Tilfældet er i lagdelte Sten og i Sten med Aarer, vil det udvandrende Vand fortrinsvis følge de Lag eller Baner, hvor det møder mindst Modstand, og Saltene aflejres da paa de tilsvarende Steder i Stenoverfladen; naar tynde Marmorplader med porøse Aarer opsættes paa Facader, kan der i Udtørringsperioden danne sig hvide Saltvolde langs Aarerne.

Pletvis Forvitring er enten en Følge af ulige stærk Fordampning eller af uensartet Struktur, og oftest vokser Skaderne med Fordampningens Intensitet, er altsaa større paa Solsiden end paa Skyggesiden og større paa fremspringende Kanter end paa tilbageliggende Flader. Men Forholdene kan ogsaa "være de omvendte. Er en Sten f. Eks. tilhugget med grove Riller, vil Fordampningen ske livligere fra Kammen end fra Rillerne, hvilket kan medføre, at Saltudskillelserne og dermed Forvitringen fortrinsvis sker i Bunden af Rillerne, saa disse bliver dybere. Paa tilsvarende Maade kan en tilfældig Beskadigelse af Stenen foraarsage en lokal Forvitring.

120. Diffusion. Den ovenfor beskrevne Vandring af Saltene med Porevandet skyldes Haarrørskraften; Mængden af udkrystalliserede Salte vokser med den fordampede Vandmængde. Dette er den hyppigste, men ikke den eneste Maade, paa hvilken Saltene flyttes. De opløste Salte kan ogsaa vandre i Porevandet, nemlig fra Steder med stærkere Koncentration til Steder med ringere Koncentration, svarende til at et Stykke Sukker paa Bunden af en Kop. The efterhaanden søder hele Koppen.

Disse Bevægelser vil modvirke de første. Foregaaer Diffusionen hurtigere, end Porevandet strømmer til Overfladen, kan der ikke ske Saltaflejring i denne; i en Sten, der til Stadighed indsuger Vand, og fra hvilken der kun fordamper lidt, vil Saltkoncentrationen holde sig ens gennem hele Stenen, og kun hvis den naar en betydelig Størrelse, vil der komme Salte frem paa Overfladen.

Krybning. En anden Form for Saltbevægelse skal omtales her, skønt den ikke skyldes Diffusion, men Haarrørvirkning, og skønt den ikke spiller nogen iøjnefaldende Rolle for Murværk, men fordi den er meget ejendommelig, nemlig visse Saltoppløsningers Evne til at krybe op ad glatte Flader. Hvis Fladen ikke er glat, men f. Eks. ridset, kan Krybningen forklares ved, at en Ridse virker som et flækket Haarrør, men visse Opløsninger vil, naar de befinder sig paa Bunden af et Glaskar med glatte Vægge krybe op ad disse, over Randen, ned ad Karrets Yderside og fortsætte hen ad Bordet; Fig. 120 viser en saadan Krybning. Forklaringen er utvivlsomt, at der langs

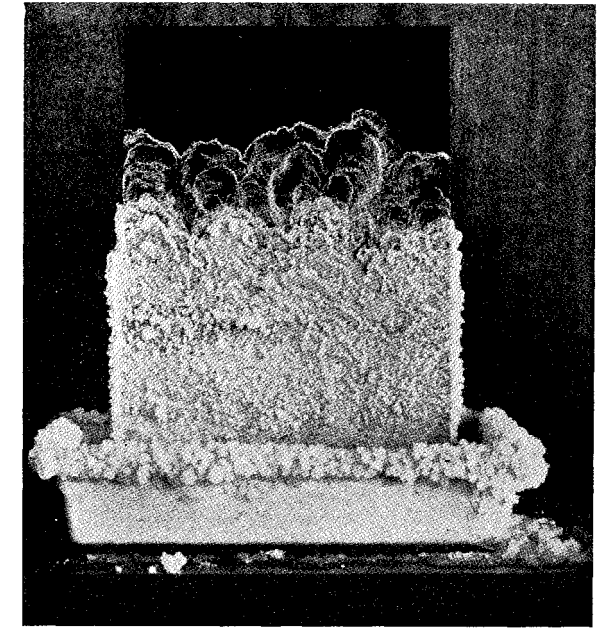


Fig. 120. En blank, sort Glasplade er stillet i en flad Skaal med Natriumsulfat-Opløsning. ILøbet af 10 Døgn er Saltene krøbet 12 cm op ad Pladen.

Vædskeranden udskilles Krystaller, og at Haarrørene mellem disse suger Vædsken videre op.

121. Skadelige og uskadelige Salte. Saltudskillelserne virker skæmmende, men behøver ikke at virke skadende. Der maa skelnes mellem: (1) Det Tryk, Saltene udøver, naar de udkrystalliserer af den overmættede Opløsning, og som ofte er uskadeligt, og (2) det Tryk, de udøver under en eventuel senere kemisk Omdannelse, og som plejer at være skadeligt, saafremt Saltene har ophobet sig lige under Stenoverfladen. Trykket (2) omtales i § 116; Trykket (1) omtales her.

Naar en Krystal vokser frit i en Opløsning, bevarer den sin for Arten særegne Form, idet den trækker mere Salt ud af Opløsningen og ordner de nye Saltpartikler i jævnt tykke Lag paa alle sine Flader, og selvom den sidder i Klemme i en Pore, har den samme Tendens; den søger at vokse lige stærkt i alle Retninger og kan derved udøve et vist Tryk, hvis Størrelse varierer med Saltets Art.

Hos en Række almindeligt forekommende Salte er dette Tryk ubetydeligt; deres Udskillelse i Porerne virker bevarende paa Stenen ved at gøre den tættere.

Paa denne Maade virker Opløsninger af Jærnsulfat og Kalk samt kolloide Opløsninger af Kiselsyre, Jærnoxsyhydrater, Manganoxsyhydrater og Lerjord.

Men andre Salte kan virke sprængende ved deres primære Udskillelse, f. Eks. **Kogsalt**) og **Gips**. Gipsens sprængende Virkning har vi paavist i *Laboratoriet for Byggeteknik* ved at mætte Ølandssten med Gipsvanå og derpaa lade den tørre i Stuetemperatur; de fremvoksende Krystaller sprængte da smaa Skæl af den slebne Overflade²⁾. Se ogsaa § 128.

Dette skete dog kun, naar Mætningen var foregaaet i Vakuum, og Stenen derpaa tørrede i Laboratoriet; hvis man blot lagde Stenen i en flad Skaal med Gipsvand paa Bunden, saaledes at Vandet fordampede ud gennem Stenoverfladen, skete der intet, antagelig fordi Fordampningsfladen i dette Tilfælde har ligget saa langt inde i Stenen, at Krystallerne ingen Skade har kunnet gøre.

1) Se E. Suenson: Mursalte, Kbhvn. 1941.

2) E. Suenson: Pladebeklædning af Beton og Murværk (*Beton-Teknik* 1941, S. 2).

Andre sprængende Salte er .A.mmoniumkarbonat, Natriumkarbonat og Natriumhydroksyd (100 g mættet Opløsning indeholder 50 g NaOH ved 10°, og Mængden stiger hurtigt med Temperaturen). Om Natriumsulfat se § 117. Kaliumsalte synes mindre skadelige end Natriumsalte.

Lokal Forvitring kan enten være en Følge af lokale Strukturforskelle eller skyldes, at Fordampningsforskelle faar de skadelige Salte til at udfælde sig paa enkelte Steder. Virker Saltene sprængende, vil disse Steder ødelægges forud for Omgivelserne, medens ikke sprængende Salte kan virke sammenkittende og bevarende. Naar en forvitret Flade viser fremstaaende Øer og Kamme, skyldes det oftere disse i Forhold end oprindelige Forskelle i Stenens Vejrfasthed. Kemiske Analyser viser, at de smulrende Overfladepartier er væsentlig rigere paa letopløselige Salte end de faste Øer.

Under Forhold som de i Fig. 33,2 viste kan tilsvarende ForhOld konstateres. Hvis Vandet indeholder en Blanding af tungtopløselige Salte (CaCO₃ og Gips) og letopløselige Salte (f. Eks. Na₂SO₄ og MgSO₄), vil de første udskilles nærmest Centret, og de andre føres længere ud; omkring Centret dannes da en modstandsdygtig Ø omgivet af en forvitrende Ring.

Selvom Saltene virker sprængende, kan man som Regel gaa ud fra, at de synlige Salte paa Stenoverfladen er uskadelige; ligesaa de Salte, der udkrystalliserer saa dybt - flere Millimeter - under Overfladen, at Stenens Porevægge kan taale Trykket; Krystalophobningen i Porerne vil da ophøre af sig selv, naar Modtrykket fra Porevæggene er blevet saa stort, at yderligere Krystalvækst hindres. Det er Saltudskillelser lige under Overfladen, der er farlige.

Da Saltene er vandopløselige, vil de i nogen Grad kunne fjernes af Slagregn, der derved virker bevarende paa Stenen.

122. Saltudskillelser paa Stenoverfladen. De Salte, der aflejrer sig paa Stenoverfladen, er ret uskadelige, selvom de hører til de sprængende (§ 116, 121). De kan deles i (1) og (2):

(1) Udblomstringer er lette, sneagtige eller traadede, mer eller mindre vandklare Dannelser, der udvokser mer eller mindre vinkelret paa Stenoverfladen. Formentlig er det kun Salte med Krystalvand, der optræder paa denne Maade, hyppigst er det Alkalisulfater. Traadformen er formentlig en Følge af, at Opløsningen vandrer mod Overfladen med en saa moderat Hastighed, at Vandet fordamper, inden det naar helt frem; Krystallerne dannes derfor et Stykke inde i Poren, og ved Dannelsen skydes de foranliggende ud i Luften som en Streng eller et Haar¹⁾. De bestaar overvejende af Vand og holder sig kun midlertidigt, da de blæser og regner af (§ 33).

(2) Kalksinter er haarde, kalkholdige Masser, der i Form af Knopper, Striber eller Kager aflejrer sig paa Stenoverfladen. De bestaar af mindre letopløselige Stoffer, Gips og Kalciumkarbonat. De lader sig kun fjerne med Mejsel eller ved Afslibning med Pimpsten og lignende. De vokser ikke indefra, men udefra, idet Saltopløsningen vandrer fra Stenen ud i Sinterne og fordamper paa disses Overflade.

Det Vand, der aflejrer Kalksinterne, er oftest Regnvand, der saavel induges som fordamper gennem den paagældende Flade, men det kan ogsaa ske, at Vandet suges ind gennem en for Regnen udsat Flade og fordamper gennem en ikke udsat, f. Eks. gælder dette Gesimser; paa disses Underside danner Sinterne ofte sammenhængende Skorper (Fig. 125); har Stenen grove Porer, kan man træffe Drypstensdannelse.

Sinterne kan ikke dannes paa Flader, der er udsatte for stærk Regn, da denne skyller Fladen ren.

Dette kan man iagttagge ved lignende Dannelser paa Puds med Svindrevner; ligger disse beskyttet mod direkte Nedbør, omdannes de efterhaanden til Volde, men skyller Regnen ned over dem, holder de sig skarpe; er Revnen lodret og i nogen Grad udsat for Regn, kan det ske, at Vandet induges i dens øvre Ende og udskilles i dens nedre Ende, hvorved den øvre holder sig skarp, og den nedre overdækkes af en Vold.

1) Se Fig. 10 i E. Suenson: Mursalte, Kbhvn. 1941.

Undertiden fremtræder Sinterne som smaa Knopper, formentlig dannede ud for grove Porer i Stenen. I en Facade suges Regnen ind gennem, de fine Porer, mens Luften gaar ud gennem de grove. Senere fordamper Vandet gennem disse, og Sinterne afsættes da i deres Munding. Paa Trondhjems Domkirke kan man enkelte Steder langs en vandret Fuges Over- og Underkant finde Linier af smaa blomkaalsagtige Sinter. Hver enkelt Knop er ikke større end et Knappenaalshoved. De er haarde og bestaar formentlig af CaCO₃. Der har utvivlsomt været en Revne mellem Fuge og Sten (Klæbersten), og Igenom denne er Regnvandet suget ind og senere fordampet ud. Tilsvarende, men større, Blomkaalshoveder kan ses paa det kgl. Teaters Facade mod Kongens Nytorv (Kalksten).

Ofte er Sinterne sværtede af Røg ikke blot paa Overfladen, men ogsaa indvendig. Dette gælder for de ovenfor nævnte Knopper paa det kgl. Teater. Sorte Sinter under Gesimser paa St. Pauls Kirken i London fandtes at indeholde 74% Gips.

I langt højere Grad end paa Natursten træffes Kalksinter paa porøs Beton, der gennemsvives af Vand; en Del Fotografier er gengivet i E. Suenson: Portlandcementens Stamtræ (Dansk Andels Cementfabriks Jubilæumsskrift, Kbhvn. 1936).

123. Saltudskillelser i Porerne. De Salte, der udkrystalliserer lidt under Overfladen, er farlige, fordi Krystallerne her kan udøve et Tryk, der sprænger smaa Skæl eller større Flager af. Hvis Saltene kommer fra Stenens Indre, er een af Betingelserne for, at Udskillelsen sker paa dette Sted, at Fordampningen til Tider foregaar saa langsomt, at Saltopløsningen kan naa frem til Stedet (§ 121).

Saltene er hyppigst Sulfater dannede af Industribyernes Svovlsyring, enten Alkalisulfater (§ 116) eller Gips.

Gips dannes kun i kalkholdige Sten, men Kalken behøver ikke at være en naturlig Bestanddel af Stenen, den kan være indsuget fra Mørtlen eller fra andre Kilder. Hvis Stenkanterne forvitrer langs Mørtelfugerne, bærer Mørtlen oftest Skylden.

Sandsten fuget med Kalk-Cement-Mørtel er forvitret langs Fugerne, fordi Luftens Svovlsyring omdannede den indsugede Kalk til Gips, som udkrystalliserede; at Mørtlen indeholdt noget Kogsalt, gjorde Forholdene værre (§ 113). Saa sarte Sten kan kun beskyttes ved Asfaltering af samtlige mørtelberørte Flader (§ 139). Ogsaa Granit kan skades paa denne Vis (§ 129). Om Valg af Mørtel, se § 141-2.

Kalkfri Sten kan ogsaa faa tilført Kalk fra Kalksten i samme Bygværk. Sandsten og Skifer indmuret under Kalksten kan indsuge det neddrivende K-alkvand og forvitre, ved at Kalken omdannes til Gips. Er Sandstenen tilstrækkelig finporet, kan den ogsaa gennem Fugen indsuge Gipsvand fra en underliggende Ialksten (§ 31).

At en med Gipsvand mættet Sten kan skades ved første Udtørring blev nævnt i § 121, men de mere generelle Gipsskader udvikler sig langsomt. Først efter at der i mange Aar er vandret Gips ud i Overfladen og dannet en tæt Skorpe, indtræder Sprængningerne (§ 125).

Over og under Blyfuger forvitrer Stenene sjældent, hvilket kunde tyde paa, at Blyet omdanner Gipsen til uskadeligt Blyulfat. Imprægnering med Blyfluat eller et andet opløseligt Blyulfat vilde derfor muligvis være nyttig.

Sten, der berører fugtig Jord, kan suge Salte eller Syrer fra denne. Gravmæler i Krypter synes mere udsatte for Sprængninger af denne Art end Gravmæler i fri Luft; de bør isoleres med Asfaltpap ikke blot fra Fundamentet, men ogsaa fra den Mur, de eventuelt beklæder, og som selv er vandsugende.

Undertiden findes Saltene paa Forhaand i Stenen. Gamle Kunstværker af ægyptisk Sandsten, der er udgravede af saltholdig Jord, maa udvandes omhyggeligt, inden de opstilles i Museerne, ellers forvitrer de. Forvitringen skyldes, at Luften er koldere og dermed fugtigere om Natten end om Dagen; om Natten flyder Saltene hen, om Dagen udkrystalliserer de, og efterhaanden sprænges Stenen.

Tilsvarende Fænomener kendes fra Kalksten og Sandsten, der under Transporten er blevet gennemvædet af Havvand; efter Stenenes Indmuring er der blomstret sprængende Salte frem paa Overfladen. Muligvis beror en Del af Kogsaltets skadelige Virkning paa, at det holder Stenen vaad og derved begunstiger Optagelse af Svovlsyring.

ε. Krystallisationsprøver.

t 24. En Stens Evne til at taale Krystaltryk kan undersøges paa forskellige Maader.

(1) Opsugningsprøve. Et Prisme af den paagældende Sten stilles lodret, dyppende lidt ned i den Saltopløsning, hvis skadelige Virkning man vil undersøge. Vædsken suges da op, og Saltene udskiller sig i større eller mindre Højde over Vædskespejlet og viser deres eventuelle skadelige Virkning.

Ved denne Prøve faar Vædskenes Overfladespænding Betydning. F. Eks. stiger Natriumsulfat højere op end Magniumsulfat (i alt Fald i Beton), hvilket kan medføre, at der fordampes mere Vand pr. Tidsenhed, og derfor udskilles flere Krystaller.

(2) Omkrystallisationsprøver udføres med et af de omkrystalliserende Salte (§ 116) med stor Sprængvirkning, ikke for at prøve just dette Salts Virkning, men for at undersøge Stenens Evne til at taale Krystaltryk i Almindelighed. Prøven udføres ved skiftevis at mætte Stenen med en egnet Saltopløsning og tørre den ved en passende høj Temperatur, idet Processen gentages mange Gange. Man vil da se, at den eventuelle Afsanding sker hver Gang, Stenen nedlægges i Vædsken, ikke under Udtørringen).

Mest anvendt er en 14% Natriumsulfatopløsning i Forbindelse med Tørring ved 110°. For at faa reproducerbare Resultater, maa man sørge for, at Saltudskillelsen altid sker i samme Dybde under Overfladen, altsaa at Tørrerummets Temperatur, Luftfugtighed og Luftbevægelse altid er ens. Vædskens Koncentration og Temperatur skal altid være den samme, og Stenen skal have samme Temperatur som Vædsken. Ved sammenlignende Forsøg maa man bruge af samme Beholdning, da en frisk Opløsning kan give noget afvigende Resultater. Stenens Vægttab kan bruges som Maal for dens Holdbarhed, men det er vanskeligt at faa konstante Talværdier. Ogsaa Sprængningsmaaden bør iagttages, da den kan være karakteristisk for den paagældende Sten. Se ogsaa § 367.

Saadanne Prøver er beslægtede med Frostprøver, nogle mener, at de snarere viser Stenenes Frostfasthed end deres Modstand mod kemisk Forvitring under naturlige Forhold, men der er næppe Tvivl om, at Prøven har en selvstændig Værdi.

Prøven er navnlig farlig for Sten med stor Selvmætningsevne, altsaa mange Mikroporer, og ogsaa i Praksis er det saadanne Sten, der fortrinsvis skades. I England har man fundet, at Kalksten - navnlig oolitiske som Portlandstone - viser ringe Vægttab ved denne Prøve, saafremt de er vejrfaste. Sandsten, der taaler Prøven, er ikke derfor vejrfaste, men ogsaa for disse menes Prøven dog at have Værdi, selvom Stenen er kalkfri, da Prøven viser Stenens Evne til at taale Krystallisation af opløselige Salte absorberede fra Mørtlen eller andre tilstødende Materialer²⁾.

(3) Svovlsyreprøver udføres som skildret i § 185 eller paa følgende Vis: Stenen suges lufttøm fyldes derefter med S02 indtil Atmosfæretryk er naaet, lagres 5 Minutter i destilleret Vand og tørres en Ovn. Denne Behandling gentages mange Gange. Sandsten kan derved danne Skorpe (§ 125), der senere springer af og viser den kendte Pulverdannelse bag sig. Daarlige Skifer kan spalte.

(4) Svovlsyreprøver (§ 185) er ogsaa egnede til Bedømmelse af Tagskifer, medens man endnu ikke ved, om de egner sig for Sandsten.

c. Skorpedannelse.

a. Skorpernes Art.

t 25. Paa porøse Natursten og porøse brændte Sten kan de indfra udvandrende Salte i Aarenes Løb omdanne den yderste Skæl til en tættere Skorpe, der - ligesom andre tætte Overfladelag (tæt Puds, Glasur, Maling) - under visse Forhold kan sprænges (Fig. 125).

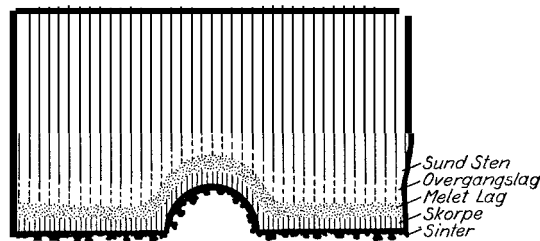


Fig. 125. Skorpedannelse.

1) Se Fig. 13 i E. Suenson: Mursalte, Kbhvn. 1941.

2) R. J. Schaffer: Tests on Building Stones as a Measure of Weathering Quality (I. M. London Kongres 1937, S. 363).

Skorpedannelse optræder navnlig i hede Ørkener; den stærke Fordampning trækker Stenens og Jordbundens opløselige Salte ud til Stenoverfladen, som derved antager en ensartet af Saltenes Art bestemt Farve, ofte gulbrun, den saakaldte »Orkenlak«, nemlig 11aar Skorperne er dannede af Brunjærnsten. Orkenskorper kan være indtil 1 m tykke.

I fugtigt Klima optræder Skorpedannelse langt sjældnere, fordi der fordampes mindre Vand fra Stenene; Sten, der altid er vaade, danner slet ikke Skorpe; Overfladen maa fra Tid til anden tørre, saa Fordampningen kan ske inde i Porerne. Skorper i fugtigt Klima skyldes ikke blot Vand fra Jordbunden, men ogsaa Regnvand, der suges ind i Stenen og opløser dens Salte og trækker disse frem til Overfladen.

Disse Skorper, der undertiden benævnes Inderskorper i Modsætning til de i § 122 omtalte Sinter, der da benævnes Yderskorper), begrænses udadtil af Stenens oprindelige Overflade, og naar de springer af, kan de have en Tykkelse fra ½ mm op til 10 mm og mere; jo mere grovkornet Stenen er, des tykkere er dens Skorpe.

Naar Skorpen har naaet en vis Tæthed, begynder Stenen at smulre umiddelbart indenfor den; der dannes et skælet eller sandet-melet Mellemlag, og sluttelig falder Skorpen af i Flager (Fig. 125,1).

Skorper dannes navnlig paa Kalksten, Sandsten og Granit samt paa Teglsten²⁾ og paa alle Slags Kunststen med kalkholdigt Bindemiddel, men ikke alle saadanne Sten danner Skorpe, og de, der gør det, gør det kun ved et Sammentræf af uheldige Omstændigheder. Eet og samme Marmor danner Skorpe i München, ikke i Wien.

I København kan Marmorskorper ses paa Sokkelen til Christiansborg Ridehus, Rundingen mod Nordvest (formentlig Gjellebæk-Marmor). Blandt Sandstenene er navnlig de kalkrige truede, men ogsaa Bremer- og Neksøsandstenen²⁾ der er lidt kalkholdige, danner Skorper. For Neksøstenens Vedkommende kan henvises til en Støttemur paa Vejen mellem Lynetten og Marinens Flyvebaadsstation samt til Sokkelen Kongens Nytorv 3 og 5; at denne er opstillet saaledes, at Lagene løber parallelt med Synsfladen, har dog utvivlsomt medvirket til Afskallingen. Skorpedannelse paa Granit er vist i Fig. 129-30.

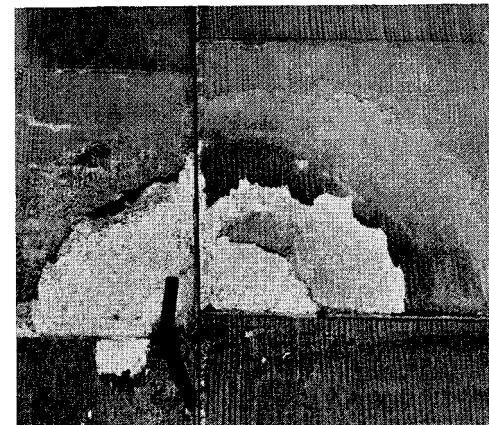


Fig. 125,1. Sprængte Skorper paa Gotlandsk Sandsten, Kongens Nytorv 22.

Naar man stiller Stenhuggere overfor slige, afskallende Skorper, er de tilbøjelige til at paastaa, at Skorpen følger Stenens Lagdeling, og at Afskallingen skyldes, at Stenen er anbragt i en gal Stilling i Bygværket. At saadanne Sten let forvitres ved Frostsprængning langs' Lagfladerne er imidlertid en Sag for sig; Skorpernes Indergrænse følger ikke Lagfladerne, men Overfladen.

β. Skorpernes Dannelse og Sprængning.

126. Skorpens Dannelse. I ren Luft skyldes Skorpedannelsen Salte, der paa Forhaand findes i Stenen eller vandrer ind i denne fra Mørtlen, Bagmuren eller Jorden og udkrystalliserer i Stenoverfladens Porer.

I Industribyer foregaar Skorpedannelse særlig hurtigt, fordi Vandet - hvad enten det kommer bagfra eller forfra - indeholder eller optager Svovlsyre, der

1) Kieslinger: Zerstorungen an Steinbauten, Wien 1932.

2) Se Fig. 14 og 15 i E. Suenson: Mursalte, Kbhvn. 1941.

opløser Stenenes Kalk og udfælder den som Gips. i Porerne. Saadan Gips-skorpers Gipsindhold kan være over 10 Gange saa stort som Stenens naturlige, og denne Gipsophobning kan strække sig f. Eks. 2 cm ind i Stenen. Gipsen træffes navnlig et lille Stykke under Overfladen; i selve denne er den ofte fjernet af Regnen.

I støvet Luft vil ogsaa Snavset, der indsuges i Stenen med Regnvandet, kunne bidrage til Skorpenes Tætning, men navnlig, befordrer Sodbelægning Skorpedannelsen, da Sodens fine Porer. fastholder Svovlsyre, og da Belægingerne holder paa Fugtigheden, hvorved de Syrer, der trænger ind i Stenen, faar længere Tid at virke i. Paa Vejsiden, hvor Regnen virker rensende og Blæsten tørrende, er Stenene derfor holdbare. Paa en Gesims er det saaledes Undersiden, der er truet, medens Oversiden kun er udsat for Frostsprængning og Afsanding.

Betingelserne for denne Forvittringsform er kun delvis klarlagte; dette gælder saavel Skorpenes Dannelse som Stenens Smulring bag Skorpen og dennes Afsprængning. Saa meget kan dog siges, at Skorpedannelse begunstiges af meget fine Porer, eftersom disse holder sig vandfyldte i længere Tid end grovere Porer og giver Svovlsyren en større Angrebsflade; desuden tilstoppes de lettere (§ 91).

Sod kan ogsaa indeholde Ammoniumsulfat og Ammoniumklorid, der angriber Stenene.

Svovlkis i Stenene er som Regel uden Betydning for Skorpedannelsen, og det samme gælder Cement-løst Gipsindhold.

Svindskorper. Paa nogle Sandsten med leret Bindemiddel kan der danne sig afskallende Skorper, uden at det for Gipskorper karakteristiske sandformede Mellemlag forefindes. Skorperne kan være centimetertykke, undertiden flere under hverandre. Det anses for et Svindfenomen, idet Skallen for hver Vædning+Udtørring faar et mindre og mindre Rumfang (§ 104); der opstaar Svindrevner, og disse udvides af frysende Vand.

127. Stenens Smulren bag Skorpen. Skorperne er lidet gennemtrængelige for saavel Vand som Vanddamp, og det Vand, der ad anden Vej trænger ind i Stenen, fordampes meget langsomt, end hvis Stenens Overflade er frisk. Paa Bagsiden af den tætte Skorpe vil Vanddampene i Stenen fortætte sig ved Temperaturfald, og naar Stenen smulrer, skyldes det formentlig oftest, at dette Vand fryser, eller at det ved Temperaturstigning atter fordampes og da udskiller sprængende Krystaller; men iøvrigt kan der opstilles en Række af Hypoteser:

(1) Hvis Skorpedannelsen skyldes en kun udadgaaende Vandbevægelse - som naar Grundvand fordampes ud gennem Stenoverfladen - og hvis Fordampningen sker et Stykke inde i Stenen, f. Eks. som Følge af stærk Blæst eller Sol, vil der her kunne danne sig en koncentreret Syreopløsning, der tærer, eller udskiller Krystaller, der sprænger.

(2) Hvis Skorpedannelsen skyldes en skiftevis Vandindsugning og Vandfordampning, er det tænkeligt, at Tykkelsen af Skorpe+smulrende Lag svarer til Indsugningsdybden. Dannelsen af det smulrende Lag forklares da enten ved, at Kalken flyttes fra dette til Skorpen, eller ved at Fordampningen ikke blot sker fra Stenoverfladen, men ogsaa inde i den indre Stens luftfyldte Porer, og i den indre Fordampningsflade sker der da først en Koncentration af Syrerne og en tilsvarende stærk Opløsning og derefter en Udskillelse af sprængende Krystaller. Ved næste Regn indføres ny Syre og dannes nye Krystaller. Selvom det indtrængende Vand er syrefrit, saa Krystalmængden ikke forøges, kan Krystallernes skiftevis Opløsning og Udfældning i Tidens Løb virke svækkende.

Paa Kalkstensøjlerne om Madeleinekirken i Paris iagttog jeg Sommeren 1932 Skorper, bag hvilke Stenen smulrede, og disse Skader fandtes kun paa solbeskinnede Flader, altsaa paa Flader med stærk Fordampning, og ofte fandtes de paa Flader, der var renavadskede af Regnen.

(3) Stenens Vandindhold bestemmes Middeltal for hele Aaret varierer med Afstanden fra Stenoverfladen og har et Maksimum et Stykke under Overfladen, og her har Syrerne derfor længst Tid at virke i.

(4) Den Kulsyre, som dannes, naar Kalciumkarbonatet opløses af Svovlsyren, undviger lettere fra Stenens Overflade end dybere inde, saa Stenen der angribes af saavel Svovl- som Kulsyren.

(5) I de under (2) og (3) nævnte vaade Zoner kan Smulringen være en Følge af Temperaturfald, der enten medfører Isdannelse eller Udkrystallisation af Salte.

(6) Ved Skorpenes Rumfangssvingninger som Følge af Temperatur- og Fugtighedsvariationer søger den at glide frem og tilbage paa det svækkede Baglag, hvorved dette efterhaanden smulrer.

128. Skorpenes Afsprængning. Skorpen paa en given Sten er nogenlunde lige tyk overalt, og sprænges den af, ligger Afsprængningsfladen derfor i en

nogenlunde konstant Dybde under Stenoverfladen, har de samme Fremspring og Fordybninger, blot i noget udvisket Form. Derved kan disse Sprængninger kendes fra Frostsprængninger, thi disse følger ikke Overfladens Form.

Sprængningerne sker oftest paa den Maade, at Skorpen presses ud i Buler og samtidig revner. Hvis Stenen er oliemalet eller dækket af en tilsvarende sejt Hinde af Sod og Tjære, kan Skorpefligene paa Sprængningsstederne krumme sig udefter, saa Forfladerne bliver hule. Dette skyldes, at Hinden virker som en Armering, der holder Forfladen sammen, medens alle Bevægelser i Bagfladen stammende fra Frost, Temperatur- og Fugtighedsændringer efterlader blivende Udvidelser. Den nederste Flig af en saadan sprængt Bule kan ogsaa presses ud af de løse Sandkorn, som drysser ned bag Skorpen og ved Temperaturvariationer udøver en Kilevirkning.

Hvis Skorpen revner eller brydes et Sted, vil Fordampningen her trække de indre Salte til, saa der sker stærke Udblomstringer.

Den ved Skorpenes Affalden blottede Stenoverflade vil undertiden forvitte videre, undertiden hærde; baade Kisel-Sandsten og Teglsten viser Eksempler paa det sidste, uden at det dog kan siges, om Bedringen er af blivende Natur.

At Skorpen sprænges, naar først den har mistet Forbindelsen med Stenens Kærne, kan ikke undre. Det kan skyldes:

(1) Frysende Fortætningsvand i det smulrede Lag.

(2) Krystaltryk i dette hidrørende fra, at Saltopløsninger der overmættes som Følge af Temperaturændring eller Vandfordampning.

Paa en Sandstensskal, som jeg løsnede fra Stockholm Slots Facade, fandtes det halve Areal af Skallens Bagside besat med smaa gulhvide Krystaller. Paa dette Areal havde Skallen endnu været i mer eller mindre god Forbindelse med Stenen bagved, mens Skallen iøvrigt var fraspaltet, saa Regnen har kunnet renavadse dens Bagside. Krystallerne bestod i Hovedsagen af Kalcium- og Magniumsulfat.

At Sten efter at være imprægneret med vandskyende Midler undertiden begynder at skalle kan forklares ved, at Vandet i Stenen kun suges frem til Bagsiden af den imprægnerede Skal, thi Porerne i denne har vandskyende Vægge og suger ikke; derimod fordampes Vandet gennem disse Porer, og Saltene ophober sig da bag Skallen. En lignende Virkning har Sodlag; paa sodede Kalksten udkrystalliserer Gipsen bag den sodimprægnerede Skal og presser denne ud i Buler.

(3) Krystaltryk i selve Skorpen hidrørende fra, at Porerne efter-
Ilaanden overfyldes, saa Skorpen bliver større end Stenen og slaar fra som Følge af de tangentielle Trykspændinger. En tilsvarende Svulmning af Overfladen kan man undertiden iagttage paa Betonprismer, der er støbt liggende, og som stilles paa Enden i en Saltopløsning (Fig. 128). Fordampningen sker da livligst gennem Slamsiden, og denne bliver konveks som Følge af Krystaltrykket.

Dette er muligvis ogsaa Forklaringen paa, at Granitmurværks vandrette Fugestrenger kan skyde sig frem i Buer. Paa Kristine Kirkens Terrassemur i Goteborg har Jeg set en saadan Bue, ca. 70 cm lang med ca. 1 cm Fremspring. Mørtlen var haard og god og øjensynligt af Cement i ca. 4 mm Dybde. Udskydningen kan dog ogsaa skyldes Frost, men Bueformen tyder paa Krystaltryk.

(4) Temperaturvekslinger i den fra Stenen isolerede Skorpe. Disse vil, ligesom (3), medføre en stadig Vækst i tangential Retning.

Nogle mener, at Skorpernes Gipsindhold i høj Grad forstærker denne Virkning. Det begrundes med, at Gipsens Varmeudvidelse er særlig stor, nemlig ca. 10 Gange Carraramarmors. Men den Værdi, der da regnes med for Marmoret, er kun 0,25 mm/100 pr. Grad. Efter hvad der er oplyst i § 49 er det tvivlsomt, om Gips udvider sig mere end Marmor.

(5) Osmotisk Tryk frembragt ved, at det rene Vand kan trænge ind gennem Skorpen, medens det saltholdige Vand ikke kan trænge ud, hvorved der opstaar et Overtryk bag Skorpen.

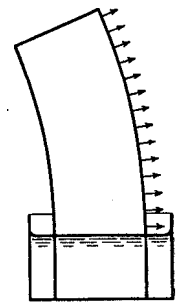


Fig. 128.

./ Granitskorper.

129. Mange Graniters Forvitringstilbøjelighed er praktisk talt lig Nul, men andre er mindre holdbare, og Forvitringen skyldes da næsten altid Skorpedannelse. Denne optræder som Regel kun paa Sten, der bagfra faar tilført saltholdigt Vand, som fordampes fra Overfladen (Fig. 129). En saadan Tilførsel faar Sokkelsten og Gravsten fra Jorden, og det er navnlig paa disse Sten, man træffer Skorper. Ogsaa Murværk, der lejlighedsvis har været oversvømmet af Havvand, kan skalle. Granit, der ligger højt i et Bygværk og kun paavirkes af Regn, forvitrer derimod meget sjældent. Skorperne kan opstaa i Løbet af nogle Aartler. Naar Skorpen er faldet af, sker der ingen yderligere Skader.



Fig. 129. Poleret Halvsøjle af graalig Granit med afsprængt Skorpe. Fra Indgangen til det nu nedrevne Hotel Dagmar paa Vestre Boulevard i Kbhvn.

Skallende Granit kan ses i Ribe Domkirke saavel paa Facaden som inde i Kirken; paa Skallernes Bagside sidder hvide Salte. Under Stormfloden 1634 stod Havvandet mandshøjt over Kirkegulvet, og det er utvivlsomt de dengang optagne Salte, der er Skyld i Skaden. Kirken er formentlig onført af Marksten thi Farve og Struktur er stærkt varierende; disse Forskelle synes uden Betydning for Skorpedannelsen.

Talrige gamle Granitsokler i København viser Skorpedannelse f. Eks. Soklerne paa Universitetsbiblioteket i Fiolstræde - formentlig norsk Granit fra Krogen ved svensk Grænse - Charlottenborg og Holmens Kanal 7. Paa Retsbygningen i Fredericiagade er der Granitskorper, Sandstensskorper og Puds-skorper. Se ogsaa § 130.

Skorpernes Natur er noget afvigende fra de kalkholdige Stens Skorper, idet det smulret og emlag som Regel mangler; naar Skorpen springer af, er Brudfladen fast og fri. Mellem Skorpen og den bagved liggende Sten træffes ofte hvide Sulfatbelægninger, der hovedsagelig bestaar af Ca, Mg, K og Na. Disse Salte kan stamme fra Stenen selv eller fra dens Omgivelser (Luft, Jord, Mørtel); Svovlsyren kan stamme fra Svovlkis eller fra Luften, Kalken fra kalkholdig Feldspat eller fra Mørtlen. Skorpedannelse med Smulring kan ses paa nogle affasede Sokkelsten nær ved dem paa Fig. 130. Sokkelens skraa Fas og Cementfugen over den har et sort Sodovertæk. Med et Knivsblad kan man let løse Fasens Overtræk i Form af større eller mindre, tynde Flager, hvis Underside er dækket af et tyndt Lag Granit, og paa den blottede Fas ses da et tyndt Lag smulret Granit. Naar et Stykke af Fugemørtlen pilles ud, sidder der ogsaa paa dennes Underside et tyndt Granitlag. Skaden kan enten skyldes Afsyring eller at Regnen har ført Kalk fra Cementfugen ned paa Fasen, hvor Kalken er blevet indsuget og senere omdannet til Gips, der ved Udkrystallisering har virket sprængende. Saavel Flagerne som Smullet fandtes at indeholde Gips.

Ogsaa indendørs kan man i København se Granit forvitret; ved et af de store Vinduer i Glyptotekets nye Del skaller den behuggede Sokkel, som er af Idefjord Granit, og en anden Granit, som ligger umiddelbart over og er poleret, viser Angreb af anden Art.

Strandsten af Diabas danner ogsaa Skorper uden melet Lag (§ 165); de skyldes utvivlsomt Rustdannelse.

130. Overfladebehandlingen kan utvivlsomt paavirke Skorpedannelsen. Naar Granit behugges, vil de kraftige Hammerslag frembringe Mikrorevner, i hvilke Vand og Luft trænger ind, og i hvilke der sker Isdannelse og Udkrystallisationer, der i Forbindelse med de idelige Temperatursvingninger bevirker, at Skorpen bliver større end Stenens Kærne, hvorfor den nogle Steder løsner sig fra denne og danner Buler; naar det skørnede Overfladelag fjernes ved de blidere Behandlingsmaader, som slutter med Polering, modvirkes Skorpedannelse.

Poleret Granit har Ord for sjældent at danne Skorpe i fri Luft; dette gælder ogsaa polerede Gravsten paa Kirkegaarde. Noget hyppigere forekommer Skorpedannelse paa poleret Granit i Gravkamre under Indflydelse af opstigende Grundfugtighed. At ogsaa poleret Granit i fri Luft kan skalle stærkt, naar Graniten kan suge Salte fra Murværk, viser Fig. 129. Det er i alt Fald ikke selve Poleringen, der modvirker Skorpedannelsen, men derimod Finhugningen og Slibningen, ved hvilken det skørnede Materiale fjernes, uden at Overfladen tættes. Selve Poleringen maa tværtimod antages at kunne gøre Skade, da den tætter Overfladen og saaledes frembringer en kunstig Skorpe.

Paa Hussokler indledes Skorpens Sprængning ofte med, at der optræder smaa Buler med 1-2 cm Diameter, hvorefter den udbulede Skæl falder af efterladende flade Ar, der kun er faa Millimeter dybe, idet Dybden svarer til Granitens Kornstørrelse (Fig. 130). Disse lokale Ar synes der Grund til at tilskrive Behugningen. De kan ogsaa ses paa Bikubens Sokkel, Silkegade 8 (graa Allingegranit); de findes ganske tilsvarende paa Göteborgs Raadhus Vestfacade mod Gustav Adolfs Torv.

I Gefionspringvandet paa Lange-linie danner tilsyneladende ikke blot den behuggede Granit, men ogsaa de ubehandlede Søsten Skorpe. En Undersøgeise, som jeg nylig har foretaget, viste imidlertid, at Skallerne bestaar af Kalciumkarbonat, som Vandet har aflejret.

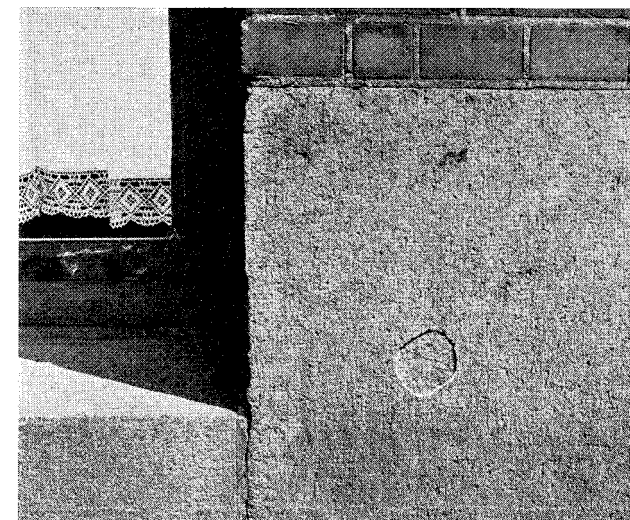


Fig. 130. Afsprængt Skorpe paa Sokkel i den gamle polytekniske Lærestaltes Gaard mod Sølvtorvet. Rød Allingegranit.

δ. Midler mod Skorpedannelse.

131. Kun forebyggende Midler har praktisk Betydning.

Sten, der erfaringsmæssig er tilbøjelige til at danne Skorpe - denne Tilbøjelighed træffes navnlig hos finporede Sten - bør undgaaes. I Laboratorier kan man ikke danne Skorper paa kort Tid (se dog § 124,3), men man kan foretage Strukturundersøgelser og andre Prøver, der ikke er helt uden Værdi.

Byggeformer med lodrette Flader uden Fremspring eller Fordybninger, hvori Regn, Sne og Snavs kan samle sig, er at foretrække.

I Industribyer sker Skorpedannelse i saa overvejende Grad paa de Steder, hvor Soden fæstner sig, at den vigtigste Beskyttelsesforanstaltning er at holde Stenene rene. Dette kan for Kalkstens Vedkommende ret let ske ved hyppige **Afvadskninger** med rent Vand enten ved Hjælp af en kraftig Vandstraale eller ved Børstning (§ 109). Visse Huse i London vadskes hvert Halvaar, men i Almindelighed vil en aarlig Rensning med Vandstraale eller en Afbørstning

hvert 5' Aar gøre Fyldest. Disse Rensninger maa paabegyndes, inden der er sket Skade, altsaa faa Aar efter Husets Opførelse.

Er Skorpedannelse allerede indtraadt og Skorperne begyndt at falde af, nytter Vadskning næppe. Er det smulrende Lag under Skorpen tyndt og Stenen iøvrigt sund, er det bedst at ophugge hele Fladen, saa man kommer ind til den sunde Sten. Er Smulringen derimod dybtgaaende, maa man hellere afholde sig fra enhver Restaurering, thi en Fjernelse af de dækkende Skorper vil da gøre mere Skade end Gavn. Sten, der er tilbøjelige til Skorpedannelse, bør ikke imprægneres med Stoffer, der tætter Overfladen stærkt.

d. Misfarvning.

132. Naar Facader i Aarenes Løb misfarves, kan det skyldes kemiske Omdannelser i Stenen eller udefra tilførte Farvestoffer.

Forvittringsfarver. Mens Forvitringen som Regel blegger Stenene, bliver jærnholdige Sten ofte rustfarvede eller dog varmere i Tonen. f. Eks. jærnholdig Kalksten og mange Eruptivbjærgarter, der indeholder Magnetjærnsten. Er Stenen porøs, kan Misfarvningen være dybtgaaende; visse graa Graniter træffes i Naturen med en gullig Skorpe, der f. Eks. kan være 30 cm tyk, og som ikke blot findes paa Klippens Overflade, men ogsaa langs Sprækker i Stenen.

Blegende virker Humussyre f. Eks. paa jærnholdig rødlig eller brunlig Granit; under Brunkulslag træffes ofte særlig hvidt Sand.

Brune Farver opstaar ved Forvitring af Svovlkis, Magnetjærnsten, Magnesiaglimmer. Jærnglans. Jærnkarbonat. Mangankarbonat. Svovlkisholdig Granit og Marmor kan paa denne Maade faa brune Pletter. ikke blot naar Stenen befinder sig udendørs, men ogsaa naar den er udsat for Fortætningsvand (Gravmæler i Krypter) eller har Lejlighed til at opsuge Grundfugtighed.

Visse Sorter Svovlkis omdannes hurtigere i Berøring med vandige Opløsninger af Kalium- og Natriumsalte. Hvidt Marmor indeholdende Svovlkis og formuret i Portlandcementmørtel fik i Løbet af 4 Uger grønne Skjolder, der to Uger senere blev orangefarvede. Den grønne Farve skyldtes, at der inde i Stenen dannedes Ferrosulfat; dette vandrede efterhaanden til Overfladen, hvor det iltedes til Ferrisulfat, og Ferrihydroksyd.

Brunlige Skjolder og Udblomstringer paa Kalksten og Sandsten kan ogsaa stamme fra Stenenes Indhold af **organiske Stoffer**, som under Paavirkning af Mørtelvand eller andet alkalisk Vand opløses og føres ud i Overfladen. Skjolderne træffes navnlig paa Marmorsokler i fugtig Jord og paa satte for Spild af Mineralvæld; de kan let fjernes, mens de er friske, senere vanskeligt.

Bremersandsten der i *Laboratoriet for Byggeteknik* behandledes med en mættet Sodaopløsning, fik mørkebrune Skjolder af denne Art. Sodaen opløser eller peptiserer de organiske Stoffer, og disse føres med Vandet ud paa Overfladen, hvor de udskilles og kan antage Karakter af en uopløselig Færnis. Saavel Soda som andre Alkalikarbonater og Alkalihydroksyder med tilsvarende Virkning kan dannes i Murværket, naar Natrium- eller Kaliumsalte fra Cement kommer i Berøring med Kalk eller Kalciumkarbonat.

Pletterne fjernes bedst ved Skrubning med kogende Vand eller Damp. Eventuelt kan man først skrubbe med en 5-10%ig Sodaopløsning, men da denne kan suges ind og fremkalde fornyet Udsvedning af det organiske Stof, bør man efter Dampningen børste Fladen over med en 10%ig Opløsning af Myresyre.

Man kan ogsaa lave en Dejj af opblødt Papir og Ler og tilsætte 5-10% Soda og lade den sidde et Døgn paa Fladen. Derefter erstattes den med en lignende Dejj indeholdende 10% Myresyre, der ogsaa sidder et Døgn. Men denne Metode kræver en tør Sten, passer derfor bedst indendørs.

Om Stenen har den nævnte Tilbøjelighed kan man forud prøve ved at lagre den delvis neddyppet i 5%ig Sodaopløsning og iagttagge, om der i Løbet af ca. 5 Døgn kommer brunlige Skjolder. Man kan ogsaa udsætte Stenen for Flammen fra en Blæselampe, hvorefter der ikke maa fremkomme en brun Plet. Hvis olieholdige Sten lægges i Benzol, udtrækker denne Olien og bliver brun.

Brune Pletter paa Kalksten kan ogsaa skyldes langvarig Berøring med Eg eller andet Træ indeholdende Garvesyre; de fjernes bedst med fortyndet Myresyre.

133. Udefra tilførte Farvestoffer. Metaldele, der anbringes paa Facader, og som tæres af Regnen, kan give skæmmende Farvestriber. brune stammende

fra Jærns Rusten og grønne stammende fra Kobbers Omdannelse til basisk Kuprikarbonat. Derfor bør man undgaa slige Metaldele eller søge at beskytte dem mod Regnen eller vælge Metallet med Henblik paa, at dets Korrosionsprodukt har en Farve, der harmonerer med Stenens.

Bly og Aluminium giver sædvanligvis ikke Anledning til Misfarvninger.

Langs Sporvejs- og Jærnbanelinier kan man ofte se rustbrune Sten, navnlig nær Holdsteder eller andre Bremsestrækninger. Farven stammer fra Jærnstøv afslebet af Skinner og Hjul og spredt af Vinden.

Større Betydning end de nævnte Kilder til Misfarvning har dog Luftens Snavs.

134. Luftens Snavs behøver ikke at virke skæmmende; mange Facader faar en smuk Patina, saafremt de er opført af egnede Sten og er rigtigt udformede. Ved Valg af Stenart bør man derfor være opmærksom paa, om Stenen mer eller mindre let bliver snavset, og om Snavset forgrimmer eller forskønner den. Eruptiverne holder sig renere end de fleste andre paa Grund af deres Tæthed, og de skæmmes mindre af det Snavs, der sætter sig paa dem. Sandsten bliver lettere snavset, men bliver det ofte paa en pæn Maade. Derimod sværtes visse lyse Travertiner i København paa en styg Maade, i alt Fald naar de er anvendt paa røgfylde Steder, f. Eks. i Nærheden af Boulevardbanen; de faar et graabrunt, fedtet, urenligt Udseende.

Den bedste Beskyttelse mod Snavs opnaas ved Polering, men kun paa Granit og en Del andre Eruptiver er Polituren holdbar udendørs.

Naar Snavset fordeler, sig ujævnt over en Facade, kan det enten skyldes, at Evnen til at indsuge det snavsede Vand er uens, eller at nogle Flader er vaade en større Del af Aaret end andre, eller at nogle Flader holdes renvadskede af stærke Vandstrømme. Snavset fæster sig hverken paa helt tørre Flader eller paa Flader, der skylles rene af Regnen, men derimod paa Flader, hvis Fugtighed er stillestaaende og holder sig længe.

F. Eks. holder lodrette Flader sig renere end skraa, fordi de tørrer hurtigere.

De stærkeste og mest skæmmende Kontraster optræder paa Kalkstensfacader. Disses renvadskede, lodrette Striber og Frynses skyldes, at Regnvandet, naar det løber ned ad Facaden, møder fremspringende Led og tilfældige Ujævnheder i Stenene eller de vandrette Fuger og derfor samler sig i Strømme, der ikke blot virker mekanisk rensende, men ogsaa opløser lidt Kalk. Det samme gælder andre kalkholdige Sten saavel som Beton og Puds. Et stærkt Indtryk af Kalkpuds' og kalkfri Sandstens forskellige Evne til at optage og fastholde Snavs giver Fig. 134.

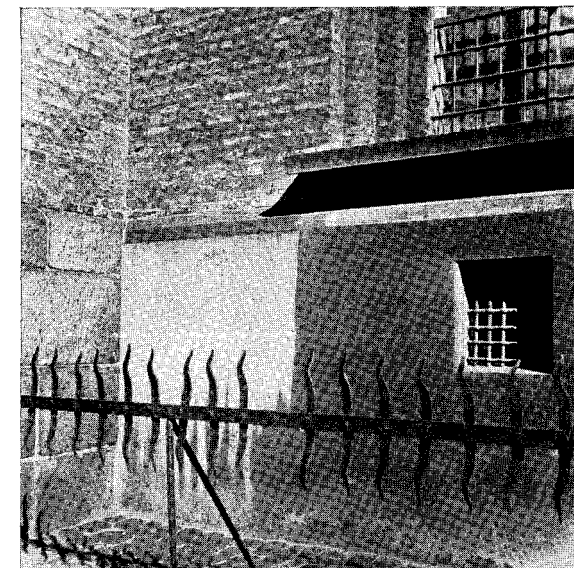


Fig. 134. Fra Rundetaarn. Et Sandstensbaand skiller Teglstensmurværket fra den pudsede Sokkel. Under Saalbænken, som holder Sokkelen tør, er Sandstenen lidt og Pudsens stærkt sværet. Udenfor Saalbænken strømmer Regnvandet ned ad Sokkelen og holder Pudsens ren, men Sandstensbaandet renses ikke.

Saadanne koncentrerede Strømme dannes sjældent paa Teglstensfacader, da disse indsuger Vandet, inden det faar Tid til at samle sig, men hvis Facaden er beklædt med en svagt sugende Natursten og specielt med Kalksten, bør den udformes saaledes, at Fordakninger, fremstaaende Metaldele, Skiltebogstaver og lignende undgaas eller hindres i at danne Vandstrømme.

Bedst er det, hvis Skiltene kan anbringes i nogen Afstand fra Facaden, f. Eks. som vist paa Fig. 134.1. Det vandrette U-Jærn er fastskruet i hule Staalørne indstøbt i Lisenerne, og dets Afstand fra Facaden er fikseret ved et Afstandsør, der gennem en ikke vist Spændeskive trykker paa en Blyskive. Ledninger for Neonlys kan sammen med andre Lysledninger og Telefonledninger lægges i Klemkasser paa Væggenes Inderside over Vinduerne og gennem enkelte 25 mm Kabelrør føres ud gennem Facaden til Lysskiltene. Klemkasserne fastgøres i indstøbte, svalehaleformede Trækloster.

Sokler kan undertiden have en renvasket, vandret Stribe i en vis Højde over Fortovet som Følge af Regnsprøjt fra dette. En Regndraabes Tværmaal vil ikke overstige 5 mm, og dens Faldhastighed vil da paa Grund af Luftmodstanden ikke kunne overstige ca. 8 m/sec, hvorved Tilbagepringshøjden fra et Fortov belagt med Asfalt, Beton eller Natursten begrænses til 50 cm. Optager Draaberne Gadesnavs, bliver de tungere og springer ikke saa højt. Dette kan medføre at Soklen faar en renvasket vandret Stribe ca. 40 cm over Fortovet: længere nede er den forurenede af Fortovets Snavs, højere oppe af Luftens.

Navnlig Industribyernes sodede Luft virker stærkt sværende, da Soden klæber ogsaa paa tørre Sten.

Ved Forbrænding af Kul bliver $\frac{1}{4}$ —5% til Sod og man har for forskellige Byer udregnet, hvor store Sodemængder de aarlig sender ud i Luften; for London angives 165 000 t, for Wien mindst 100 000 t.

Mængden af faste Partikler i 1 m^3 Luft kan i Fabrikkegne stige til 100 mg, for New York angives 18 mg, for München 3,2, og som Gennemsnit for Storbyer 2,7 mg. Vægten kan bestemmes ved at suge et kendt Luftrumfang gennem Vand eller et tæt Filter og bestemme Vægtforøgelsen. Antallet kan bestemmes ved Hjælp af Partiklernes taagedannende Egenskab; hvis en Kolbe med lidt Vand paa Bunden fyldes med støvet Luft, tilpropes og afkøles svagt, danner Taagen Slg straks, og ved Hjælp af Altkens Konloskop kan Partiklerne tælles).

135. Rensning af Facader kan ske med (1) Sandblæst, (2) Vadskning med koldt Vand, varmt Vand eller Damp, (3) Ætsemidler.

(1) Sandblæst egner sig ikke forbløde Sten (§ 146), da den som Regel giver disse en mere ru Overflade, end de havde forud, saa de hurtigere sværes paany, med mindre man efter Blæsningen imprægnerer dem med vandskyende Stoffer. Derimod er Sandblæst med Held brugt til Rensning af Graniten paa Privatbankens Hovedsæde ved Knippelsbro i København.

Man bruger fint Sand (Gulvsand) og et Tryk, der vokser med Stenens Haardhed, f. Eks. 1,5 at til gule Teglsten og 5 at til Granit. Det meste Sand flyver bort, det, der falder ned, bruges Igen.

(2) Vadskning egner sig i særlig Grad for Marmor og tætte Kalksten, ogsaa polerede (§ 109). Man vadsker ikke blot for Udseendets Skyld, men ogsaa for at undgaa Skorpedannelse (§ 131).

Bruges Vand og Børstning, kan Vandet tilføres gennem en vandret Vandledning af perforerede Rør, der først anbringes ved Tagskægget og efterhaanden sænkes. Naar Kalkstens Facader renses paa denne Vis, kan der spares Vand og Tid ved at lede det Vand, der drypper fra fremspringende Dele, ind mod Facaden igen, saa dens nedre Del er delvis rensed, inden Bruserne flyttes derned. Facaden bør overbruses i 1-2 Timer, inden man begynder at børste; denne Forbehandling har efter Erfaringer i London en saa løsnende Virkning, at selv den mest snavsede Kalksten kan renses med en blød Børste eller maaske alene ved Overbrusning.

Behandlingen bør ske om Sommeren saavel af Hensyn til Frost, som fordi varmt Vand renses bedre end koldt.

Paabegyndes Afvadskningerne for sent, kan Soden have forenet Slg saa ind i Stene, stammende udkrystalliserede Salte (CaCO_3 og CaSO_4) at den ikke lader Slg fjernes med Vand, og man

1) Se ogsaa *Ingeniøren* 1938, Side E 9.

kan da prøve med en Dampstraale (Roxor Metoden), der virker stærkt rensende og ikke menes at gøre større Fortræd end Afbørstning; ved begge Processer kan der springe Smaaskaller af men kun saadanne der i Forvejen var løse.

Derimod maa man ikke vadske med Soda, Sæbe eller andre Alkalier, med mindre man ved, at Stenen kan taale disse Stoffer. De kan nemlig senere udkrystallisere, muligvis efter først af Røgen at være omdannet til Natriumsulfat eller andre Alkalisulfater. Naar Soda bruges, er det sjældent almindelig Vadske-soda (Natriumkarbonat), men derimod kaustisk Soda (Natriumhydroksyd), og denne omdannes af Luften, Kulsyre og Svovlsyrling til Natriumkarbonat og Natriumsulfat. Sæbe er vel nok som Regel uskadehgere end Soda, og nogle mener, at Sæbevadsk er at foretrække for Dampbehandling.

Sandsten er langt vanskeligere at rens end Kalksten (Fig. 134). Soden trænger saa dybtind i Sandstenens Porer og fæstner sig saa stærkt, at den ofte kun kan fjernes med Sandblæst, Skuring med Karborundumsten eller ved at ophugge Stenen paany. Bremersandstenen paa Privatbankens ovennævnte Bygning lykkedes det dog at rens tilfredsstillende med Damp. At Bremersandsten ikke bør renses med Soda fremgaar af § 132.

(3) Ætsemidler bør kun bruges efter forudgaaende Forsøg med den paagældende Sten. Nogle af disse Midler kan opløse Kvarts og Silikater og derfor rens Granit og Sandsten, som man ikke kan faa rene paa anden Vis.

Surt Ammoniumfluorid ($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$) hører til disse sidste; det bruges i vandig Opløsning (20%) til Granit og Sandsten. Saltet pulvriseres, opløses i varmt Vand, og Opløsningen blandes i Forholdet 1 : 1 med Hvedemelklister, hvorved der faas en sejt Vædske, der koster paa Facaden og ca. 8 Timer senere afskylles og afskrubbes med Vand og en Piasavabørste (ikke Staalbørste). Hvorvidt dette Stof kan gøre Skade vides ikke. Ved et enkelt Forsøg i *Laboriet for Byggeteknik* brugtes det til Rensning af Bremersandsten uden at give Anledning til andre Skader end forbigaaende brune Pletter. Surt Magnesiumsiliciumfluorid bruges og virker paa lignende Maade.

Durol er Handelsnavnet paa en Række Rense- og Imprægneringsmidler, af hvilke Durol Stenrenser bestaar af sidstnævnte Stof. Det sælges som et Pulver, der ligner lyst Puddersukker, og som udrøres med Vand til en Dej. Denne paaføres med Børste, og efter ca. 1 Times Indvirkning skures Stenen med en stiv Børste og Vand, indtil Snavset er fjernet. Sluttelig afskures med en Sodaopløsning og skylles med rent Vand. Ved nogle Forsøg i *Laboriet for Byggeteknik* iagttoges ingen skadelige Virkninger; snavsede Teglsten blev omtrent som nye; paa Natursten var Virkningen noget varierende. I begge Tilfælde fremkom undertiden hvide Damp, og nogle Kalksten bruste svagt.

Rustpletter kan fjernes med Flussyre og med nogle af dennes Salte, men man foretrækker ofte mindre voldsomt virkende Midler. Oksalsyre (C_2O_4) er uskadeligere overfor Kalk end mange andre Syrer, da det dannede Salt, Kalciumoxalat, hverken opløses af Vand eller svage Syrer. Oksalsyre købes i Pulverform; naar det bruges til Stenrensning, blandes det med Træmel, Stivelse og Vand til en Dej, der smøres paa Stenoverfladen; bagefter maa denne vadskes grundigt.

Grønblaa Pletter fra Kobber og Kobberlegeringer kan afvadskes med en Opløsning af Kaliumcyanid (KNC); Stoffet er giftigt. Man kan ogsaa bruge Aluminiumpulver sammenæltet med lidt i Vand opløst Aluminiumklorid (AlCl_3) til en Dej, der smøres paa Pletten og senere vadskes af.

Gammel Oliemaling kan fjernes ved Afbørstning eller svag Behugning, men 10 Gange saa hurtigt med Sandblæst. Brug af ætsende Midler er farlig, men Kunstværker, hvis fine Linier ikke maa ødelægges, Stens underfliden med saadanne Midler. I Dresden blev Zwingers Sandstensfigurer spartlet over med en Masse af Savmul, grøn Sæbe og Natronlud og 24 Timer senere afskyllede. I Wien har man erstattet Natronluden med Klorkalk. Hellere maa man dog bruge organiske Opløsningsmidler, der paalægges i Dejform.

Fedtpletter paa Bordplader af Marmor og anden Natursten kan fjernes under Brug af lignende svage Ætsemidler. Man kan blande 1 Del blød Sæbe + 1 Del Potaske + 2 Dele Ler + kogende Vand til en Dej, der lægges paa Pletten og fjernes efter et Par Timers Forløb. Marmor kan ogsaa renses med 2 Dele Soda + 1 Del pulveriseret Kridt + 1 Del pulveriseret Pimpsten, der udrøres i Vand og paastryges. Efter nogle Timers Forløb afvadskes Fladen med Sæbevand og rent Vand.

e. Angreb af Organismer.

136. Duer kan, naar der er mange af dem, gøre Skade, idet deres -Ekskrementer tilsøler og ætser Bygningen. Desuden pikker de i Mørtlen med Næbbet for at faa Kalk til Æggene. Ekskrementerne, der indeholder Fosfor- og Urinsyre og derfor bruges i Garverier til at opløse Hudernes Kalkforbindelser, angriber Metal tage stærkt. Stenene synes hovedsageligt at angribes middelbart, ved at Gødningslaget holder dem vaade, og ved at Vandet gaar igennem det tærede Metalblik.

Bier som *Osmia rufa* kan bore Huller og lægge Æg i bløde Sandsten.

Boremuslinger angriber alle bløde Stenarter, særlig Kalksten, undertiden endog Granit og Flint!; Hullernes Tværmaal kan f. Eks. være 4 mm. Der findes ogsaa borende Børsteorme, hvis Huller er ca. 1 mm vide; de kan træffes i Rullesten af Saltholmskalk.

1) Se f. Eks. *Ing.* 1923, S. 533.

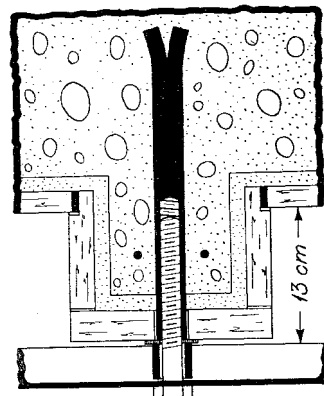


Fig. 134.1. Vandret Snit i Lisén paa Dagmarhus i København visende Fastgørelse af U-Jærn til Bæring af Skiltebogstaver.

Lav, Mos, Alger, Vedbend kan baade skade mekanisk, ved at Rødderne trænger ind i Porerne og sprænger Stenen (navnlig lerholdige Sten), og kemisk, idet de danner Humussyre, i hvilken mange Stoffer er opløselige.

Lav træffes lidet i Storbyer, disse Planter synes ikke at kunne taale Luftens Svovlforbindelser; se ogsaa § 137. Mos kan danne centimetertykke Puder, der holder paa Fugtigheden, og det er formentlig i højere Grad Fugtigheden end Mosset, der gør Skade.

Lav og Mos kan fjernes ved Behandling med en Opløsning (2%) af Zink-Silicium-Fluorid, hvorved Stenens Udseende ikke ændres væsentligt.

Algevækst kan hindres ved Vadske med Kobberklorid, hvis Stenen taaler dette Salt. Kobber er Gift for Alger; de optræder ikke i et Vandkar, hvis der anbringes en Kobberspiral i Vandet.

Vedbend'gør Skade paa Ruiner og gamle Huse, hvis Fuger er uden Mørtel, idet den vokser ind i Fugerne og sprænger Murværket. Paa vel udført Murværk i Danmarks Klima gør Vedbenden næppe Skade, men virker som en Kappe, der beskytter Muren mod Regn og Temperaturændringer.

t37. Bakterier kan muligvis medvirke til Stenenes Ødelæggelse ved at udskille ætsende Stoffer; nogle Bakterier udskiller Salpetersyre, andre Svovlsyre. I 1 g forvitret Kalksten fra Tower i London fandtes 1 792 000 Bakterier!; saa mange træffer man dog kun i Stenoverfladen, Antallet aftager hurtigt indefter og i f. Eks. 3 cm Dybde findes sjældent væsentlige Mængder.

Ved Maalinger har man fundet, at bakterieholdige Kalksten udsender Kulsyre i Modsætning til sterile; denne Kulsyre kan tænkes at være et Udaandingsprodukt af Bakterierne, men det er sandsynligere, at den stammer fra deres ætsende Stoffers Indvirkning paa Kalkstenen. Under denne Forudsætning fandtes I (kulsyremængden i eet Tilfælde at svare til en aarlig Ødelæggelse af 28 g CaCO_a pr. kg Sten. Regnvand er Næring for Bakterierne, og Tilførsel af Regnvand forøger Kulsyreudviklingen.

Ved at inficere sunde Kalksten med salpetersyre dannede Bakterier har man direkte paavist, at Stenene i Løbet af nogle Maaneder havde tabt i Vægt. Det er dog ualmindeligt at træffe slige Bakterier i forvitrede Sten; naar de en sjælden Gang findes, er de sandsynligvis vandret ind i Stenen fra Jord.

Svovlbakterier er derimod meget udbredte i forvitrede Sten med Udblonstringer af Kalcium- og Natriumsulfat, og det er næppe udelukket, at de undertiden er medvirkende ved disse Saltes Dannelse. Ved Dyrkningsforsøg er paavist, at de udskiller Svovlsyre, som opløser tilstedeværende Kalciumkarbonat. Endvidere viste det sig, at de producerede en Slim, som ved Indtørring trak sig sammen og derved kunde løse Kalkpartikler. Disse Bakterier synes saaledes ogsaa at kunne have en mekanisk ødelæggende Virkning. At et indtørrende Slimlag kan udøve forbavsende store Kræfter er kendt fra Lav, der gror paa Glas, og hvis Slim ved Indtørring kan rive smaa Skæl ud af Glasset.

Efter alt, hvad der indtil nu foreligger, kan man dog fraskrive Bakterieangreb praktisk Betydning for Stens Forvitring.

4. Prøvning af Vejrfastheden.

t38. Om en Sten er vejrfast afgøres bedst ved at undersøge, hvorledes den har staaet sig i ældre Bygværker, om Farven er bleget, og om Overfladen smulrer eller skaller. Man kan ogsaa lægge Stenprøver ud i det fri, udsatte for Nedbør, Sol og Frost og maaske allerede i Løbet af et Aar faa at se, at de er uholdbare, luen det modsatte kan ikke fastslaaes ved en saa kortvarig Prøve.

Petrografiske Undersøgelser (Tyndslib) kan undertiden afgøre, om en Sten er vejrfast eller ej. Kan de det ikke, maa Materiallaboratorierne tage Affære.

Man underkaster da Stenen lignende kemiske, termiske og mekaniske Paavirkninger, som de faar i Naturen, blot forstærkede for hurtigere at faa Virkningen frem. Mest brugt er følgende Prøver:

(1) Fryseprøven, den vigtigste Vejrfasthedsprøve for Sten, der skal anvendes i Danmarks Klima, omtaltes i § 99. Den erstattes eller suppleres ofte med Selvmætningsprøven (§ 102).

(2) Kemiske Prøver, som Krystallisationsprøver (§ 124) og de under Tag-

1) Sydney G. Paine: The Relationship of Mikro-Organisms to the Decay of Stone (Rpyal Society of London, Philosophical Transactions B 486).

skifer omtalte Prøver (§ 185) giver ofte gode Oplysninger om Vejrfastheden. Sten til Brug i Industribyer burde altid underkastes Svovlsyringprøven (§ 124).

(3) Styrkeprøver, der viser Stenens Svækkelse ved Vandlagring.

De Faktorer, der bevirker, at vaade Sten er svagere end tørre - Indhold af letopløselige Stoffer, af Ler, der opblødes, af Mikroporer (§ 67) - paavirker ogsaa Vejrfastheden; derfor er Forholdet mellem Vaad- og Tørstyrken ofte et Maal for Stenenes Vejrfasthed, hvad enten man bruger *Sl*, *Sf* eller *Sf*.

Sten med stort Styrketab bør ikke bruges udendørs, mindre paa Grund af den øjeblikkelige Svækkelse, end fordi Svækkelsen vokser i Aarenes Løb, og fordi saadanne Sten aldrig er frostfaste.

For Sten til udendørs Brug er det største til- ladelige Styrketab efter *Hirschwald*, som angivet i hosstaaende Tabel, men meget paalidelige er disse Tal næppe.

Forholdet Evaad: E_{tør} er undertiden blevet brugt som et Maal for Vejrfastheden, men synes kun at være det for enkelte Stensorter, f. Eks. Portlandstone.

Af to Sten med samme Vandoptagelse vil den med de groveste Porer oftest være vejrfastest (§ 91).

Sandsten Kalksten

Glatte, lodrette Murflader	25%	15%
Gesims og Kragsten.	20 -	12 -
Ornamenterede Sten	15 -	10 -
Sten i Berøring med Jord	15 -	10 -
Vandbygningssten	10 -	7 -

5. Midler mod Forvitring.

a. Oversigt.

t39. De Midler, man har til at undgaa Forvitring, er i Hovedsagen følgende:

(t) Fornuftigt Stenvalg paa Grundlag af tidligere Erfaringer og Laboratorie- forsøg. Sten med forvitret Overflade bør ikke bruges.

(2) Fornuftigt Valg af Mørtel (§ 140).

(3) Fornuftig Byggemaade med Henblik paa TørholdeIse og Undgaaelse af Frostsprængninger (§ 98).

(4) Asfaltering af porøse Beklædningsstens Bagside foretages undertiden, naar man befrygter, at der paa denne Bagside skal dannes Fortætningsvand, som paa Vandringen ud mod Facadefluden skal skade Stenen paa den ene eller den anden Maade (§ 47). Om Fortætningsmulighed foreligger, afhænger af mange Faktorer, deriblandt Stenens og Bagmurens Varmeledningsevne. Ved Boligbyggeri følges undertiden den Regel at asfaltere porøse Sten, saafremt Bagmuren er af almindelige Teglsten og tyndere end 1½ Sten, men selvfølgelig spiller Naturstenens Tykelse og Valmeledningsevne samme Rolle som Bagmurens.

Selvom Fortætning er udelukket, kan Asfaltering gøre Nytte, nemlig under Opmuringen ved at hindre Stenen i at opsuge Mørtelvandet; Murens Udtørring kan da kun ske gennem Fugerne og Bagmuren.

En Ulempe ved Asfaltering er, at den forringer Mørtlens Adhæsion til Stenen; dog er der en betydelig Forskel mellem forskellige Asfalter i denne Henseende. En anden Ulempe er Vanskeligheden ved at undgaa, at der af Vanvare kommer Asfaltpletter paa Stenens Synsflade. I denne Henseende kan en Paraffinopløsning (§ 42) være at foretrække for Asfalt, men den forringer formentlig Mørtlens Adhæsion i højere Grad end Asfalt, og man maa forud overbevise sig om, at Paraffinen ikke suges frem i Synsfladen, samt passe paa, at der ikke kommer Fingeraftryk paa denne. Om Asfalteringens Udførelse se § 262.

(5) TørholdeIse af Stenene for at undgaa kemisk Forvitring. Hertil tjener navnlig de under (3) og (4) nævnte Forholdsregler.

Ogsaa Overfladebehandlingen har Betydning; naar Stenen finhugges eller slibes, bliver den mere modstandsdygtig, dels fordi Overfladen bliver mindre,

dels fordi Vandet hurtigere løber af, og Planterne vanskeligere kan fæstne sig. Særlig stærkt tørholdende virker Polering, der dog udendørs kun er holdbar paa syrefaste Sten, og som har den uheldige Egenskab at gøre Stenens -Overflade tættere (§ 130).

Gamle Bygninger, hvis Mure ikke er isolerede fra Fundamentet, kan undertiden suge Vandet fra disse op i betydelige Højder og til Stadighed holde sig fugtige. En radikal Afhjælpning af denne illempe kan kun ske ved, at man indlægger et vandret Isoleringsslag i eller over Sökkelen, hvilket er meget kostbart, da det maa ske i smaa Stykker ad Gangen; man kan enten fjerne Stenene i det overliggende Skifte een for een eller gennemsave dette med et vandret Snit, i hvilket Isoleringsslaget kan stikkes ind. Ofte er det dog fuldt tilstrækkelig at dræne Muren efter *Knapens* Metode, idet man fra Facadesiden indborer Huller med 4-5 cm Diameter gennem $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ af Murtykkelsen og derved forøger Fordampningsfladen; Hullerne, hvis Virkningsradius er 20-30 cm, bores svagt hældende, saa der ikke kan løbe Vand ind i dem, og i Mundingen sættes Traadvæv eller perforeret Kobber- eller Zinkblik. Ved Nybygninger kan Hullerne fremstilles ved Indmuring af Drænrør.

(6) Afsyring bør saa vidt muligt undgaas (§ 108).

(7) Ingen Brug af Jærn-Samlingsdele (§ 105).

(8) Renholdelse af Stenene i Industribyer ved Vadskning fra Tid til anden (§ 131).

(9) Paastrygningsmidler omtales i § 148.

b. Valg af Mørtel.

a. Mørtel til Muring og Fugning.

140. Den Mørtel, med hvilken Stenene formures, og navnlig den, med hvilken de fuges, maa afpasses efter, om Stenen er tæt som Granit eller porøs som Sandsten.

Ved Mure af tætte Sten er der ingen Fare for, at Stenen skal skæmmes eller skades af Mørtlens Salte, da den intet Vand suger, men der er Fare for, at Regnvand trænger ind i Muren gennem Fugerne maaske helt til Murens Bagside. De store Vandmængder, der strømmer ned over en saadan Facade, vil, hvis Fugerne er daarligt fyldte, gaa ind i disse, og da Vandet heller ikke her træffer sugende Sten, kan det løbe - eller af Vinden presses - dybt ind. Noget saadant sker sjældent ved porøse Sten som Teglsten; disse absorberer Vandet og er som Regel porøse nok til at optage det, inden det naar igennem.

Ved tætte Sten bør man lægge Hovedvægten paa, at Vandet ikke faar Adgang til Muren gennem Fugerne. Muremørtlen bør være passende tæt og Fugerne godt fyldte, men vigtigere er det, at Fugemørtlen, som direkte er udsat for Vejret har de rette Egenskaber, saa den ikke smulrer eller revner og falder ud, hvorved Stenenes vandrette Fugeflader blottes og leder Vandet ind i Muren. Til Fugningen bør bruges en passende fed Mørtel, der adhærer godt til Stenene, saa der ikke kommer Svindrevner langs disse, og som heller ikke selv faar Svindrevner. Fugen maa helst være meget tynd; gøres den tyk, maa der lægges Vægt paa, at Sandet er uenskornt og groft, for at Svindrevner kan undgaas.

Saadanne tætte Sten - Granit o. lign. - kan henmures i Cementmørtel 1:3 eller 1:2 og fuges med Cementmørtel 1:2. Kalk-Cement-Mørtel kan ogsaa bruges, hvorimod, ren Kalkmørtel ikke hærdner mellem tætte Sten.

Bagstøbningsmørtler omtales i § 259, 261-2, 275, Pladers Opsætning paa Indervægge i § 279-80.

141. Ved Mure af porøse Sten vil Vandgennemgang udefra sjældent forekomme, men der er Fare for, at Stenene ved at indsuge Mørtlens opløselige Salte kan faa Skjolder, Udblomstringer eller kan forvitre. Om noget saadant sker af-

hænger ikke blot af Saltenes Art og Mængde, men ogsaa af Vandets Mængde og Fordampningshastighed, og af om Vandet overvejende fordamper gennem Stenene eller gennem Fugerne.

Den Saltmængde, der kommer frem til Stenoverfladen, vokser med den Vandmængde, der fordamper gennem Stenen. Naar tynde Facadeplader bagstøbes med flydende Mørtel, kan der føres store Saltmængder ud (§ 275).

Kommer der ikke Vand til Muren efter Opførelsen, er Vandmængden begrænset, og Saltudslaget vil stoppe, naar denne Vandmængde er fordampet. Under disse Forhold er Sandsynligheden for Saltudslag mindst, naar man murer med tørre Sten og en vandfattig Mørtel; den ringe Vandmængde, der suges ind i Stenene, vil da muligvis fordampe i Stenens Porer, inden den naar Overfladen; dette kan ske, saavel naar Stenen er meget finporet, og Vandbevægelsen derfor langsom, som naar Stenen er meget grovporet og derfor kun svagt sugende.

Kommer der derimod jævnlig nyt Vand ind i Muren, er Sandsynligheden for Saltudslag større, navnlig hvis Vandstrømmen er ensrettet, som naar en Kældermur suger Vand fra Jorden, og Vandet fordamper paa Kældermurens Inderside, men ogsaa naar Strømretningen veksler, som naar en Facade indsuger Regnvand, der opløser dens Salte og under en paafølgende tør Periode fører dem frem til Overfladen.

Saavel i det ene som i det andet Tilfælde er det godt, at Fugerne i nogen Grad virker som Luftdræn, der udtørre Stenene bagfra, saa Saltene i mindre Grad føres frem til Stenens Synsflade; Mørtlens bør altsaa være porøs. Er Stenens Porer saa vide, at Vandet bevæger sig nedefter under Tyngdekraftens Indvirkning, er det endnu vigtigere, at Mørtlens er porøs og ikke standser Strømmen, da ellers Stenens nedre Del bliver vandmættet og udsat for Frostsprængning.

Endvidere bør Mørtlens være fri for opløselige Stoffer og følgelig ikke indeholde mere Cement end nødvendigt. Porøse Kalk- og Sandsten henmures derfor ikke i Cementmørtel, men enten i Bastardmørtel (§ 276) eller i en Mørtel af 1 Maal hydraulisk Kalk+3 Maal Sand; den sidste er at foretrække, hvis man ikke har Erfaring for, at Stenen taaler Cement.

Fugemørtlens bør have lignende Egenskaber som Muremørtlens; man bør fortrinsvis bruge en Mørtel af hydraulisk Kalk eller af almindelig Luftkalk, denne har jo gode Hærdningsbetingelser, da den er i direkte Berøring med Luften (§ 278). Ogsaa Bastardmørtel er i mange Tilfælde anvendelig, hvorimod Cementmørtel som Regel bør undgaas, i alt Fald hvis den er fed. En Mur fuget med en fed Cementmørtel kan praktisk talt kun tørre gennem Stenene, hvorved disses Sprængning ved Krystaltryk beforders. Man bør fuge med en Mørtel, der leder Vandet eller Vanddampene hurtigere frem, end Stenene gør det, saa Saltene udskiller sig paa Overfladen af Fugen; hvis Skade skulde ske, er det billigere at fuge om end at forny Stenene.

Bagstøbningsmørtler omtales i § 275-8, Pladers Opsætning paa Indervægge i § 279-80.

142. Mørtlens Indhold af opløselige Salte er som nævnt af Betydning; den vokser i Ordenen: Kalkmørtel, Portlandcementmørtel, Gipsmørtel.

Ved Genopførelsen af *Christiansborg* undersøgte Mængden af opløseligt Stof i 5 Uger gamle Mørtler:

	Kalkmørtel	Kalk-Cement-Mørtel	Cementmørtel
Sammensætning ...	1 g CaO + 4 g Sand	$\frac{1}{2}$ g CaO + $\frac{1}{2}$ g PC + 4 g Sand	1 g PC + 4 g Sand
Opløseligt Stof...	1,3%	1,5%	1,7%

Mørtlerne udrørtes med passende Mængder destilleret Vand paa Urglas, der henstilledes i 5 Uger.

Efter 1', 2', 3' og 4' Uge mættes de med Vand. Efter 5' Uge pulveriseredes Mørtlerne, 2,5 g af hver Mørtel udludedes med 500 g destilleret Vand, hvorefter den opløste Stofmængde bestemtes og udtryktes i % af Mørtlens Vægt efter 5' Uge.

Men Saltenes Letopløselighed betyder mere end deres Mængde. Meget letopløselige er Alkalisulfater, som derfor træffes i de fleste Udblomstringer.

Almindelig Kalkmørtel medfører ringere Udblomstring end nogen anden Mørtel), og Saltene kommer kun, mens Murværket er nyt, ikke naar det senere vædes, thi Porevæggene er da overtrukket med Calciumkarbonat, som er tungtopløseligt. Mørtel af hydraulisk Kalk forholder sig oftest paa samme Vis.

Cementmørtel giver kraftigere Udslag, ikke blot mens Murværket er nyt, men ogsaa naar det er gammelt, idet hver ny Vædning medfører nye Saltudvandring. Cementen indeholder nemlig baade Alkalier og Gips, og naar disse Stoffer mødes i Mørtelvandet, dannes de nævnte Alkalisulfater. Dertil kommer, at der under Cementens Hærdning stadig udskilles ny Kalk, der er ret letopløselig, saalænge den ikke er omdannet til Karbonat. Derfor er Cementmørtel ikke egnet til Brug sammen med porøse Sten, i alt Fald ikke, hvis Murværket er udsat for meget Vand. Naar Udslagene fortsætter sig i Aarrækker uden at ville høre op, som det undertiden er Tilfældet under Saalbænke og lignende Steder, skyldes det som Regel Brugen af cementholdig Mørtel; slige Steder bør man derfor bruge ren Kalkmørtel.

Gipsen og de øvrige Sulfater i Cementmørtel kan man i nogen Grad uskadeliggøre ved at opløse Baryumoksyd i Mørtelvandet; derved faas Baryumhydroksyd, der omdanner de opløselige Sulfater til Baryumsulfat, der er uopløseligt og derfor ikke blomstrer ud. Ogsaa andre Baryumsalte kan bruges, dog ikke Karbonatet, da dette omsætter sig med Natriumsulfat til Soda, som blomstrer ud.

Gipsholdige Sten taaler i særlig ringe Grad Cement, da dennes Natriumsalte opløser sig i Mørtelvandet, med hvilket de trænger ind i Stenen, hvor de med Gipsen danner Natriumsulfat (Na_2SO_4). Efterhaanden som Stenen tørrer, udkrystalliserer dette Salt og støder Skaller af Stenens Overflade.

Om Kalk-Cement-Mørtel er bedre eller daarligere end ren Cementmørtel afhænger formentlig af dens Sammensætning og af de Forhold, hvorunder den anvendes.

Trass-Cement-Mørtel kan give stærke Udblomstringer, hvilket muligvis skyldes, at Trassen er rig paa Alkalier, der omsætter sig med Cementens Gips. Trass-Kalk-Mørtel plejer ikke at give væsentlige Udblomstringer.

Gipsmørtel (herunder Marmorcement) bruges en Del ved Opsætning af Vægplader og Fliser, da dens hurtige Størkning gør den bekvem at arbejde men den angriber Jærn og opløses af Vand, kan derfor ikke bruges udendørs eller paa fugtige Steder. Undertiden angriber den ogsaa Pladerne og bør derfor kun anvendes, hvis man har Erfaring for, at den paagældende Stensort taaler den (§ 279).

Paa Gulv- og Vægfliser af Olandsten og andre svenske Kalksten har der ofte vist sig Udblomstringer langs Fugerne (et Par Centimeter til hver Side), undertiden ledsaget af Sprængninger, og Grunden synes at være²⁾, at Fliserne er lagt i eller fuget med en gipsholdig Mørtel, eller at der har været spildt Gips paa Væg eller Gulv fra Udførelse af Rabetz-Puds, Kunstmarmor eller andet Gipsarbejde. I *Laboratoriet for Byggeteknik* har vi fremkaldt lignende Sprængninger (§ 121). Saadanne Fliser bør lægges i en mager Portlandcementmørtel (1:3 eller magrere), med mindst muligt Vand.

I gamle Dage har brændt Gips været brugt til Henmuring af Natursten, saaledes til Dronningborg Slot i Randers omkring Aar 1550. Man kaldte den *Spærkalk* og iblandede Terpentin for at gøre den egnet til at mure med.

Undersøgelse af en given Mørtels Egnethed til Brug i Forbindelse med en given porøs Sten kan ske ved at støbe en Mørteltærning, stille den i en flad Skaal med Vand, læggerenvadsket Træpapir ovenpaa og stille

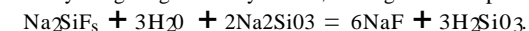
1) At brændt Kalk ofte indeholder ca. 4% SO_3 og Portlandcement kun ca. 2% synes uden Betydning.
2) *Sveriges Provningsanstalt*, Meddelande 14 (*Møje Bergstrom*).

paa dette. Stenen vil da opsuge Mørtlens opløselige Stoffer, og den eventuelle Virkning vil vise sig paa dens Overflade.

143. Syrefaste Mørtler kan fremstilles med enten Asfalt eller Natronvandglas (§ 150) som Binde-IDdel, og kun Mørtler af sidstnævnte Art skal omtales her. Man bruger en Vandglasopløsning af Styrke 38-40° Bé og tilsætter saa meget mineralsk Mel, at Konsistensen bliver passende. Naar en saadan Mørtel eller Kit kommer i Berøring med Syre, udskiller Vandglasset kolloidal Kiselsyre, der stopper Porerne og derved hindrer Syrens Indtrængen. Melet fremstilles af forskellige Stoffer efter Syrens Art. Til Fugning af Dampskorstens Inderside bruges Kvartsmel + Vandglas.

En svovlsyrefast Mørtel, der bruges i svenske Sulfittfabriker, bestaar af Højovns slagge af egnet kemisk Sammensætning + Blyglatte (PbO) + Vandglas.

Hochst-Kit fremstilles af 9 Dele pulveriseret Kvartssand + 1 Del Na_2SiF_6 , der udrøres i Vandglas. Størkningstiden er 5-30 Min., Hærdningstiden 3-6 Døgn. Trykstyrken er 3-4 Gange saa stor som hos almindelig Vandglaskit. Kitten binder godt til Natursten, Tegl og Beton. Den taaler ikke Alkalier, men de fleste Syrer, dog ikke Flussyre og nogle Fedtsyrer. Størkningen beror paa følgende Omsætning:



Baryl er et Handelsnavn for visse Pulvere fra A. Dupre, Köln, til Indblanding i Vandglas. De fremstilles i 3 Kvaliteter, der taaler henholdsvis Svovlsyre, Salpetersyre og Saltsyre; alle Kvaliteter taaler dog Angreb af svag Syre og af Olie. Mørtlen hærder i Løbet af 10 Døgn.

fl. Indstøbningsmørtler og Stenkit.

144. Indstøbningsmørtler til Befæstelse af Stenbalustre i Sokler eller Metaldele i Sten skal være rumfangskonstante under vekslende Temperatur- og Fugtighedsforhold for ikke selv at sprænge Stenen, og noget eftergivende, for at Metaldele ikke skal sprænge Stenen. Saadanne Sprængninger kan undertiden ske hurtigt, undertiden først efter 10-20 Aars Forløb eller endnu senere.

Indstøbning af Jærnsceptre i Sten rummer lignende Farer som Brug af Jærndupper (§ 105), men kan vanskeligere undgaas paa Grund af de større Udgifter ved Brug af Bronze, og Faren er heller ikke fuldt saa stor, da de paagældende Dele bedre kan overvaages og vedligeholdes ved Maling.

Portlandcementmørtel er billigst og rustbeskyttende. Den er god indendørs (§ 280), men udendørs - i alt Fald paa meget vaade Steder - kan den svulme saa meget, at den virker sprængende, hvilket dog muligvis kan hindres ved en Ceresittilsætning. Om -kalkholdig Mørtel se § 277.

Smeltet Svovl størkner hurtigt og har straks efter Størkningen sin fulde Styrke, men kan kun bruges til Fyldning af Huller med opadvendende Munding. Paa Grund af Skørheden egner Svovl sig ikke til Forbindelser, der udsættes for Slag, f. Eks. ikke til Befæstelse af Portstoppere. Man mener at have Erfaring for, at Svovlet ikke virker sprængende, hvis det smeltes 3-4 Gange inden Brugen; formentlig faar det en forøget Plasticitet ved denne Behandling.

Det er forsigtigst ikke at bruge Svovl udendørs, da det har kemiske Virkninger, der i Tidens Løb kan gøre Skade, navnlig paa Metaldele, men ogsaa paa Sten. Støbejærns gitteret omkring Helligaandskirken i København er faststøbt i Granitsoklen med Svovl og er stærkt tæret. Svovl angriber Kobber og utvivlsomt ogsaa Bronze; paa Ribe Domkirkes store røde Taarn er Sandstensbalustrene faststøbt med Svovl, og hvor dette berører Kobbretaget, er Kobbret tæret. At Svovl kan angribe Granit, viser Hegnet om Marmorkirken i København; Granitsoklen, i hvilken Støbejærnsceptrene er faststøbt med Svovl, skaller let paa et ca. 7 cm bredt, ringformet Bælte omkring Sceptrene. Alle disse Virkninger beror sandsynligvis paa, at der ved Luftens Indvirkning paa fugtigt Svovl dannes lidt Svovlsyre.

Bly har straks sin fulde Styrke og bruges til Indstøbning af Ankre, navnlig under samme Forhold som Svovl. Det svinder efter Størkningen og maa derfor efterstemmes. Dets Plasticitet gør det egnet til at erstatte Svovl ved Indstøbning af slagpaavirkede Dele. Bly er kemisk uvirksomt overfor Jærn og andre Metaller; Støbejærns gitteret om Garnisons Kirke i København er faststøbt i Bly og velbevaret. Men Bly ødelægges af alkalisk Vand, og Korrosionsproduktet fylder mere end Blyet; naar Sten formures i Cementmørtel, maa de eventuelle Metaldele, der forbinder dem, ikke være faststøbt i Bly, da Stenene saa kan sprænges.

Metalcement som Atlas Blycement forhandles i Form af ærtstore, blygraa, lette og porøse Korn, der ved en lav Temperatur smelter til en letflydende Vædske. Skønt Massen er svovlholdig, synes den ikke at angribe Jærn. Københavns Sporveje har saaledes i ca. 20 Aar brugt den til Indstøbning af Bærettraadsankre i Murværk, og der haves kun gode Erfaringer. Den bruges ogsaa til Faststøbning af Sceptre og Fundamentsbolte for urolige Maskiner. Rustkit omtales i *Byggematerialer* I, 1920, § 517.

145. Stenkit. Til Fyldning af Huller, Sammenkitning af sprængte Sten og Ubedring af afsprængte Kanter bruges forskellige Stoffer.'

Portlandcementmørtel er et af de uskadeligste. Ogsaa hvid Portlandcement kan bruges, men dens Egnethed bør forud undersøges.

Magnesiacement udrørt med Magniumklorid bruges en Del - undertiden under Navnet Mejers Kit - til Sammenkitning af to Stenflader, derimod ikke til Indfældning af Lapper i Sten, da den kan virke sprængende, hvis den ikke har Udvidelsesmuligheder. Af samme Grund skal man være varsom med at bruge den til Fyldning af Huller og i alt Fald tilsætte meget Stenmel. Den maa aldrig komme i Berøring med Jærn, da dette ruster. Den bør kun bruges under indgaaende Kontrol; Stofferne skal være helt fri for Saltsyre, der med Kalk danner Kalciumklorid, som holder Stenen stadig fugtig.

Zinkcementmørtel, der bestaar af Sand og Zinkkoksyl oprørt i en koncentreret Zinkkloridopløsning med smaa Tilsætninger af andre Salte, da den ellers er for hurtig størknende, har lignende Egenskaber som Magnesiacement og indeholder ofte fri Syre, der kan gøre Skade, f. Eks. ved med Kalk at danne Kalciumklorid.

Robinsons Cement (dobbelbrændt Gips) bruges undertiden indendørs til Indfældning af Lapper. Skellak bruges paa samme Maade. Man varmer Fladerne stærkt med en Blæselampe, smører Skellakken paa og presser dem derefter fast sammen. Forbindelsen er holdbar i fri Luft. Til Fyldning af Smaahuller og Hak i Kanten bruges Skellak blandet med Farvepulver.

Af ældre Opskrifter paa Stenkit skal nævnes:

Ferniskit af Fernis+2 Kiselgur+1 Melkalk (Bottchers Stenkit) eller Fernis+Sølvglød+Kalkstøpspulver (Mastikcement) eller Linolie+Blyhvidt+Gips+Hdt Vand (Devilles Kit) eller Fernis+Aluminiumsæbe (er vandtæt).

Glycerinkit af Glycerin+Sølvglød med ener uden Mønje hærder meget hurtigt, er vandtæt og syrefast.

Harpiskit af 1 Kolofonium+1 Voks (eller Svovl)+3 Støpspulver eller 8 Kolofonium+1 Terpentint+1 Voks eller 4 Kolofonium+4 Beg+1 Voks+ $\frac{1}{3}$ Gips.

Svovlkit af 1 Kolofonium+3 Svovl eller 8 Kolofonium+1 Voks+5 Svovl.

Vandglaskit af rent Vandglas eller Vandglas+ Cement eller Vandglas+ Kridt+ Zinkhvidt.

c. Udbedring af forvitrede Facader.

146. Udbedring af forvitrede Facader sker bedst ved at udhugge de forvitrede Sten og indmure nye, der ligner dem, men er mere vejrfaste. Ler-Sandsten og Kalk-Sandsten kan f. Eks. ombyttes med Kisel-Sandsten eller Kalksten. Man bør dog først overveje, om de nye Sten ikke bedre fremstilles af Beton, eventuelt under Brug af særlige Tilslagsstoffer. Da Slotskirken i København blev restaureret i 1932, blev Sandstensgesimsen ombyttet med en Jærnbetongesims.

Tynde forvitrede Overfladelag kan fjernes med Mejsler. Sandblæst er vanskelig at beherske, den virker for stærkt paa Hjørner og fremspringende Partier.

Mindre Skader, f. Eks. afsprængte Hjørner, kan udbedres med Mørtel, og man bør da først forsøge med Kalkmørtel, som er den uskadeligste; den sig særlig for porøse Sten som Sandsten; eventuelt kan man tilsætte 5% Portlandcement.

Portlandcementmørtel er paa tørre Steder mere tilbøjelig til at revne og paa fugtige Steder mere tilbøjelig til at udskille Salte, men bruges dog meget. Den bør være mager, og Overfladen bør børstes over med Staaltraadsbørste, naar den er halvstørket.

Inden man paafører de nævnte Mørtler eller andre plastiske Stoffer, bør al forvitret Sten bortrejsles. En forøget Sikkerhed for, at det paamodelerede Materiale ikke løsner sig, faar man ved forud at bore et passende Antal Huller i Grænsefladen, f. Eks. 6 mm vide og 20 mm dybe, og presse Mørtlen ind i dem. Ved større Reparationer kan Forbindelsen tilvejebringes med Dorne af Bronze eller Klinker.

147. Deckosit er et flydende Bindemiddel, der bruges til Udbedring af forvitrede Sandsten. Det blandes med Pulver af den paagældende Sten til en plastisk Masse, der paaføres i tynde Lag og efter Hærdning kan behugges som Natursten. Efter endt Reparation kan de to Materialer ikke kendes fra hinanden.

Metoden, der er opfundet af Danskeren Herluf Rask, synes at have løst de Problemer, der knytter sig til gamle Kunstværkers Udbedring.

Deckosit er Celluloseestere (Nitreringsprodukter af C II I lidt brændt Gips. Massen paaføres i Lag, der kun er 1 mm tykke, og som faar Lov at hærde, inden det næste Lag paaføres. Efter 2-3 Døgn Hærdning kan Overfladen bearbejdes med Karborundumsten, efter yderligere 2-3 Døgn med Hammer og Mejsel; efter 3 Uger er Massen fuldt hærnet og har en betydelig Styrke (f. Eks. $Se = 268$ at). Haardheden kan variere. Massen er lidet vandabsorberende, og den Overfladen samme Patina som Stenen ved at stryge den med Deckosit iblandet Sod eller lignende. Massen taaer ikke Ild, i høje Temperaturer forkuller det organiske Bindemiddel.

De første Forsøg udførtes Nov.-Dec. 1932 paa Børsen i København, og de udbedrede Dele er ikke revnede og har heller ikke lidt Skade paa anden Maade. Senere er Massen brugt paa Handelsbankens Facade (Kongens Nytorv), Thorvaldsens Museum, Børsen, Christianskirkens Taarn (Christianshavn). I Handelsbanken, Vesterbrogade 10 er Bankkloakets Frise fremstillet af Harald Hansen i Deckosit; først er der fremstillet en Deckositflade, i hvilken der er indfældet et Relief af Harald Hansen i Deckosit; efter er fremstillet ved Indlægning af samme Mørtel i forskellige Farver, og sluttelig er det hele afsløbet. Blandingsforholdet mellem Støpspulver og Deckosit kan f. Eks. være 85.: 15. Det hærnedede Materiale skades ikke ved 6 Gange at udsættes for Krystallisation. De første Forsøg med Natumsulfat. Et vandigt Udtræk af Deckositen viste $PH = 7.5$.

d. Paastrygningsmidler.

148. Sten, hvis Vejrfasthed er mangelfuld, kan behandles med Imprægneringsmidler, der falder i 2 Grupper:

(1) Midler, der gør Overfladen vandtæt; disse omtales i § 38.

(2) Hærdningsmidler, der overfører Stenens Kalciumkarbonat til uopløselige Kalkforbindelser; disse Midler omtales her.

Havde man et paalideligt Hærdningsmiddel, vilde man kunde standse begyndende Forvitring eller ved Nybygning bruge billige, letbearbejdelige Sten som ellers ikke vilde være holdbare. Men Hærdningsmidlernes Virkning er ligesom de blot tættende Midlers, ikke til at forudsige selve Hærdningsprocessen kan virke gavnligt, men den ledsages ofte af en Tilstopning af Porerne, som gør Fortræd. Desuden kan den omannede Skorpe have faaet andre Elasticitets-, Fugtigheds- og Varmeudvidelsestal end Bagmassen og derved være udfordret for Afsprængning.

Hvad der i § 38 er sagt om Faren ved at bruge de vandskyende Midler, gælder ogsaa om Hærdningsmidlerne; de bør forud prøves paa den paagældende Stensort og under de for Bygværket særegne Vandtilførsels- og Fordampningsforhold. De for hvilke man som Regel ikke griber til disse Midler, før Forvitringen er begyndt, og selv i dette Tilfælde gør man oftere Brug af de vandskyende Midler end af Hærdningsmidlerne, navnlig naar det skadende Vand trænger ind gennem Stenens Synsflade; kommer Vandet fra Stenens Bagflader, er et Hærdningsmiddel, der ikke stopper Porerne, at foretrække.

I disse Tilfælde kan det være motiveret at kombinere de to Behandlingsmaader og begynde med (2) og slutte med (1).

De bedst kendte Hærdningsmidler er omtalt nedenfor; de er alle Kisel-syreforbindelser.

149. Fluater har mange Tilfælde vist sig egnede til Imprægnering af bløde Kalksten og Kalk-Sandsten samt kalkholdige Teglsten saavel ved Nybygninger som ved Restauration. De gamle Bygværkers Forvitring. I første Tilfælde opnaar man at kunne bruge billige, letbearbejdelige Sten, som ellers ikke vilde være holdbare. De bør ikke bruges til Marmor, og Rathgen fraraader overhovedet at bruge dem til rene Kalksten, men anbefaler dem til Kalk-Sandsten.

Fluaterne er Siliciumfluorider, d. v. s. Salte af Kisel-fluorsyre (H₂SIF₆). De fremstilles ved at opløse et Metal - hyppigst Magnesium, Zink, Al, eller Bismut i Saltsyren. De sælges som farveløse Krystaller, umulig er de i Saltsyren.

der opløses i blødt Vand af mindst 15 aC., indtil Vandet er fuldkommen mættet. Der stryges 3 Gange med 1 Døgn Mellemlid, hvorved Vædsken trænger indtil 1 cm ind i Stenen.

Vædskens Virkning paa CaCO_3 er en Følge af, at den udskiller Fluorbrinte (HF), der med Kalken danner uopløseligt Kalciumfluorid, Fluspat (CaF_2). Samtidig udskilles Kiselsyre (SiO_2) i en geleagtig, uopløselig Form, der stopper Porerne i nogen Grad, ikke helt, da den frigjorte Kulsyre (CO_2) bruser op og sikrer en vis Porøsitet, saa Stenen kan aande.

For ikke straks at faa Porerne stoppede bruger man til første og anden Strygning 1-Maal af Opløsningen spædt op med henholdsvis 2 og 1 Maal Vand, og kun til sidste Strygning bruges den koncentrerede Vædske. Fluateringen forøger Haardhed og Frostfasthed og forhindrer Plantevækst uden at paavirke Stenens Udseende, dog kan man ogsaa faa farvede Fluater. Ved Slidforsøg med fluaterede Sten er Slidet omtrent ens, selvom Stenene er forskellige.

Fluaterne reagerer stærkt surt; de angriber baade Jærn og Glas, og ved Behandling af Facader maa Vinduerne derfor beskyttes; Vædsken maa ikke komme i Berøring med Jærn, da den derved misfarves; Pensler til Paastrygningen skal være jærnfri.

Undertiden sælges de som Opløsninger, og hvis de skal bruges til Neutralisering af frisk Puds - kun da - er der tilsat fri Kiselflussyre. Denne henfalder i geleagtig Kiselsyre og fri Flussyre, der omdanner saavel CaO som CaCO_3 til Fluspat.

Paa Gips er Fluaterne uden Virkning, da Kiselflussyren er for svag til at fortrænge Svovlsyren. De sure Fluater virker dræbende paa Svampe og Insekter og bruges derfor til at stryge paa Træ.

Magniumfluat ($\text{MgSiF}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$) er mest brugt. Det reagerer med Stenens Kalciumkarbonat: $3\text{MgSiF}_6 + 6\text{CaCO}_3 = 6\text{CaF}_2 + 3\text{MgF}_2 + 3\text{SiO}_2 + 6\text{CO}_2$. Der dannes altsaa de uopløselige faste Stoffer Kalcium- og Magniumfluorid samt uopløselig geleagtig Kiselsyre. Ved Forsøg med svenske Sandsten har dette Fluat ikke vist sig i Stand til at forringe Stenenes Vandoptagelse.

Zinkfluat (ZnSiF_6) sælges under Navnet Fluralsil. Det fremstilles nu i Danmark. Fluralsil M neutral er en Opløsning (20%) af Zinkfluat og virker analogt med Magniumfluat til Forøgelse af kalkholdige Stens Vejr- og Slidfasthed. Fluralsil M sur indeholder fri Syre og bruges paa frisk Puds og Beton for at neutralisere Kalken. Ved Forsøg i *Laboratoriet for Byggeteknik* blev tysk Fluralsil (Krystaller, der opløstes i Vand) strøget paa gammel Portlandcementmørtel, hvorved der fremkom en ret stærk Brusning, der ved gentagne Strygninger blev svagere og svagere. De behandlede Flader blev blanke i Forhold til de ubehandlede og lidt mørkere; under Mikroskop viste de sig overtrukne med et tyndt Lag af Krystaller. Hverken Tryk- eller Bøjningsstyrken paavirkedes af Behandlingen.

Aluminiumfluat - $\text{Al}_2(\text{SiF}_6)_3$ - omdanner CaCO_3 paa følgende Maade: $\text{Al}_2(\text{SiF}_6)_3 + 6\text{CaCO}_3 = 6\text{CaF}_2 + 2\text{AlF}_3 + 3\text{SiO}_2 + 6\text{CO}_2$. Aluminiumfluoridet er i Fødselsøjeblikket valdopløseligt og reagerer videre: $2\text{AlF}_3 + 3\text{CaCO}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{CaF}_2 + 3\text{CO}_2$.

Avantfluat er ikke andet end Natronvandglas (§ 150). Er Stenen kalkfri, maa den først behandles med dette Fluat og derefter med Aluminiumfluat: $6\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{Al}_2\text{SiF}_6 + 9\text{H}_2\text{O} = (\text{NaF})_{12}\text{Al}_2\text{F}_6 + 9\text{H}_2\text{SiO}_3$. Der dannes altsaa Kryolit og Kiselsyre. Rathgen advarer mod Brugen. Antalsil er Avantfluat.

Blyfluat (PbSiF_6) sælges i opløst Form under Navnet Prosulfat. Stryges paa al Slags Murværk og Mørtel for at bekæmpe Udblomstringer og beskytte mod Svovlsyring (§ 123).

Lithurin M er et tysk Fluat. Silix Stenhærdelud til Kalksten, Sandsten og Betongulve (for at hindre Støvning) bruges som Fluaterne. Laosin er et tysk, vandklart Stenhærdningsmiddel. Cephasite er et skotsk Middel af ukendt Sammensætning, formentlig et Fluat, og kun bestemt for Sandsten. Det indtages af Stenen, selvom denne er vaad, og farver den ikke, med mindre den er jærnholdig. Det frembringer en jævnt fremadskridende Hærdning. Aquaflint fra samme Firma er bestemt for Kalksten, Sandsten og Beton og kan paaføres fugtige Sten. Efter Behandlingen anbefales Strygning med Impenetra (§ 42).

150. Vandglas kan enten være Natronvandglas eller Kalivandglas. De kendes fra hinanden ved deres Evne til at farve en Flamme henholdsvis gul og violet.

Natronvandglas (Na_2SiO_3) er det mest brugte. Det fremstilles ved Sammensmeltning af Kvartsand og Soda ($\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$). Ved en nyere Fremstillingsmaade anvendes Kogsalt. Det kommer ud af Retorten som et blaaligt Glas, der ligner Vinduesglas, men adskiller sig fra dette ved ikke at indeholde Kalk. Det er tungt opløseligt i Vand, men i højspændt Vanddamp danner det en tyktflydende, vandklar Opløsning, og i denne Form forhandles det; Vægtfylden plejer at være 1,36-1,39.

Man stryger Facaden med en Opløsning af 1 Del Vandglas i 4 Dele Vand, lader tørre i et Døgn og gentager denne Behandling 3-4 Gange. Indtrængningsdybden kan være indtil 1 cm og mere.

Naar Vædsken tørrer ind, dannes en glasagtig Masse, der virker sammenkittende paa Mineralkorn, og som ikke opløses af Vand. I makadamiserede Veje fremstillede af Kalkstensskærver har man brugt Vandglas som Bindemiddel.

Vædsken er meget alkalisk. Den spalter sig let efter Formlen: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}(\text{OH}) + \text{SiO}_2$ altsaa i Natriumhydroksyd og Kiselsyre. Denne udskiller sig som en Gelé, der kan danne Slimskyer i Vædsken eller - hvis denne er indsuget i en Sten - afleje sig i Porerne, saa Stenen bliver mindre vand-sugende; det er denne porestoppende Egenskab, der bevirker, at Æg holder sig længe friske, naar de opbevares i Vandglas. Det udskilte $\text{Na}(\text{OH})$ forbinder sig med Luftens Kulsyre til Na_2CO_3 - Soda - der udskiller sig paa Facaden som hvide Salte, men efterhaanden fjernes af Regnen. Disse Udslag kan man undgaa ved i Stedet for Natronvandglas at bruge Kalivandglas. Luftens Kulsyre og andre Syrer begunstiger Kiselsyreudskillelsen ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2 = \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$).

1) Se: Die Kesslerschen Fluater. Neue Mittel zur Erhaltung und Conservierung von weichen Kalksteinen, Sandsteinen, Mortel, Cementwaaren, Gyps und Thonwaaren. Nach der 6. französischen Auflage iibersetzt von Prof. Hans Hauenschild. Berlin 1895.

Indeholder Stenen Kalciumkarbonat, vil dette blive omdannet til Silikat, hvorved Stenens mekaniske og kemiske Fasthed forøges.

I Tyskland og Østrig advarer man mod Brug af Vandglas: I England forhandles nu noget saakaldet »neutralt« Vandglas, der indeholder mere SiO_2 end det almindelige, og som siges at være bedre egnet end dette.

Vandglas bruges ogsaa til Overfladebehandling af Beton for at tætte Porerne og som Tilsætning til Beton, for at fremskynde StørknIngen og forøge Tætheden. Til disse Anvendelser sælges det ofte under kunstige Navne, undertiden blandet med Natriumaluminat og lignende Salte, undertiden delvis udfældet med Syre, saa det indeholder kolloidal Kiselsyre..

Kalivandglas (K_2SiO_3) fremstilles som Natronvandglas, men af Kvantssand og Potaske ($\text{SiO}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 = \text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$). Det sælges som en Opløsning med Vf. 1,26-1,29. Naar denne bruges som tenhærdningsmiddel, dannes ikke Na_2CO_3 men K_2CO_3 - Potaske - der er hygroskopisk og derfor ikke udkrystalliserer; til Gengæld kan det danne Fugtpletter, hvis den behandlede Facade ikke afvadskes grundigt.

Muro-Betonal er et Stryge- eller Sprøjtemiddel, der hovedsagelig bestaar af kolloidal Kiselsyre. Den virker porefyldende og forøger derved Vandtætheden stærkt hos saavel Natursten som Teglstene og Puds. Det kan fordoble smaa Kalkstenstærningers Styrke.

B (Stilcan Ester) er et Ætysalt af Ortokiselsyre opløst i Sprit og Vand. Vædsken stryges paa Sandsten og Marmor, Spritten fordamper, og Saltet forener sig med Vandet under Udskillelse af Kiselsyre, der udkrystalliserer i Porerne uden helt at stoppe disse. Behandlingen skal i flere Tilfælde have virket gavnligt paa Natursten og Slges at hindre Dannelsen af Haarridser paa Betonoverflader.

Siasic er en engelsk Fremgangsmaade, ved hvilken der anvendes Opløsninger af Vandglas og Arsen-syre, der med Stenens Kalk skulde danne et uopløseligt basisk Kalksalt, men Virkningen synes at være ringe. Man maa derfor være forsigtig med at bruge Siasic, da det er en rarraades af Rathgen.

Barytvand ($\text{Ba}(\text{OH})_2$ opløst i Vand) kunde tænkes at virke beskyttende, da det danner uopløseligt Baryumsulfat, men Forsøg er faldet daarligtud, da et med Svovlsyre

1) Ved Ester forstås en Forbindelse af Alkohol og Syre.

III. DE VIGTIGSTE STENARTER.

A. Eruptivbjærgarter.

151. Eruptivbjærgarternes Dannelse, smaade omtales i § 2. Man skelner mellem Dybbjærgarter, der er størknede i stor Dybde un og Dagbjærgarter, der er mindre grovkornede, og Dagbjærgarter, altsaa langsomt, og derfor er de eller helt tætte eller porfyriske der er størkne e l. age. Db'ærgart med samme kemiske Indhold!).

Indhold af SiO ₂ :	stort	middel	middel	lille
Hovedbestanddele:	Feldspat Kvarts Glimmer	Feldspat Hornblende ²⁾ Glimmer	Feldspat Hornblende ³⁾	Feldspat Augit ⁴⁾
Dagbjærgarter { yngre; ældre:	Liparit Kvartsporfyrr	Trakyt Kvartsfri Porfyrr	Andesit Porfyrr	Basalt Diabas
Dybbjærgarter:	Granit	Syenit	Diorit	Gabbro

Kornstørrelsen h en given Sten er ofte saa. uens, at den vanskeligt kan karakteriseres. Oftest s oskelnes der mellem 3 Størrelsesgrader: t (2-5 mm) grovkornet (>5 mm). Finkornet (<2-3 mm), mellemkornet (2-5 mm) og Holdbarhed (§ 91) og Eruptiverne overgaar de andre tenar er 1 Styrke e ner sig derfor i særlig Grad for Ingemørarbejder. gSmeltepunkt § 52, Forhold overfor Snavs § 134.

1. Granit.

a. Egenskaber og Anvendelse.

152. Mineraler. Teknikere bruger Ordet Granit som Fællesbetegnelse for alle Eruptiver, d Skelnen mellem Isses o a en d ts snævrere Betydning. Gramt er mineralogisk Viden; her bruges Ordet og l e t knet i stor Dybde og først det hyppigst forekommen d E uptiv Den er s ør senere kommet op i Dagen som Følge a H ævnIn ger medpaafølgende ForVltring

af de overliggende Lag. t5) der bestaar af Feldspat Kvarts og mørk Glimmer; Granit er en korne enar t5) der bestaar af Feldspat Kvarts og mørk Glimmer; Glimmeren kan være t5) der bestaar af Feldspat Kvarts og mørk Glimmer; Magnetjærnsten og Svovlkis til Ste. e sp ligger gerne mellem 1 og 5 mm. Gennemsnitlig bestaar Granit af 55-60% Feldspat, 30% Kvarts og 10-15% Glimmer. De danske Graniter indeholder 64-75% SiO₂, 12-15% Al₂O₃, 1-8% Fe₂O₃, 1-4% FeO, 1-4% CaO, 2-4% Na₂O, 4-6% K₂O.

1) Dybbjærgarter kaldes ogsaa plutoniske. Dagbjærgarter, vulkanske. 2) eller Augit. 3) eller Augit eller mørk Glimmer. 4) eller Diabas. 5) Navnet afledes af det latinske granum (g: Korn).

Feldspaten (§ 14) optræder som tavleformede, uigennemsigtige, glasglinsende Krystaller, som kan have alle mulige Farver, og da den udgør Granitens Hovedbestanddel, faar Graniten samme Farve, der dog afdæmpes af de andre Mineraler. Paa friske Spalteflader har Feldspaten Perlemorsglans. Kvartsen er størknet senere end de andre Mineraler og udfylder derfor Mellemrummene mellem disse i Form af uregelmæssige Korn. Den har en fedtet Glans og muslet Brud, er hyppigst blaaliggraa holder den vædske eller gennemsigtig og giver Graniten dens store Haardhed. Ofte inde.

Glimmeren (§ 15) findes som smaa Skæl med Metalglans. Den formindsker Granitens Styrke og Vejrfasthed og forhindrer Frembringelsen af en smuk Politur, da der kommer Fordybninger paa de Steder hvor den bløde Glimmer findes. Undertiden er Glimmeren afsondret i parallel Lag, saa at Graniten bliver stribet. Varmeledning § 46.

Hornblende og Augit (§ 16) er sorte Mineraler, der forøger Granitens Sejghed, men temmelig let

Magnetjærnsten og Svovlkis er til Stede som ganske smaa Korn, der let ses paa en poleret Flade med deres Metalglans; den første ligner Staal, den anden Messing. De forvitret let, hvorved Graniten faar brune Skjolder (§ 115). Radioaktive Mineraler træffes fortrinsvis i Granit.

Pegmatit er meget grovkornet Granit, der findes som Gange af stærkt varierende Bredde i den almindelige Granit. Feldspaten og Kvartsen kan optræde i indtil 1 m store Korn og Glimmeren som store Tavler, hvorfor Kornene let lader sig adskille i ren Tilstand. Saavel Glimmer som de store Mængder Feldspat bruges i Lervareindustrien, faas fra Pegmatitgange. Aplit er finkornet Granit, der findes

153. Vejrfastheden er overordentlig stor. Megen Kvarts og lidet Glimmer er gunstigt. Hvis Feldspaten er uforvitret, svarer dens Holdbarhed til Kvartsens, i modsat Fald kan den ødelægges paa kort Tid, og en mineralogisk Bestemmelse af dens Forvitningsgrad er derfor at anbefale. Jærnforhindelser (Magnetjærnsten, Svovlkis, Glimmer) kan ved Forvitring give brungule Skjolder, og Glimmeren kan bleges, hvis den er jærnrig. Finkornede Sten er som Regel varigere end grovkornede, da store Korn i højere Grad end stnaa medfører væsentlige Temperaturspændinger og deraf følgende Mikrorevner. Skilleflader mellem Materiale af forskelligt Udseende, er skadelige, hvis de viser sig vandsugende. Graniter, hvis Kvarts danner et sammenhængende Skelet, anses for gode. Om Skorpedannelse se § 129-31, om Syrefasthed § 107-8.

Ydre Kendetegn paa god Granit er: Ikke for store Korn, megen Kvarts, ingen Svovlkis, lidet Glimmer og navnlig ikke i Lag. Glimmerrige Sten bør ikke bruges til Vandbygning; heller ikke Sten, hvis Feldspatkorn har mistet deres friske, blanke Udseende og fremtræder matte, thi dette skyldes begyndende Forvitring. Vægten er gennemsnitlig 2700 kg/ill³ (2500-2850) (§ 23-4).

Porøsiteten er meget ringe (§ 26), Varmeledningsevnen er ca. 3 Gange Teglstens (§ 46); derfor og paa Grund af Prisen — bruges massive Granitmure ikke om Boliger. Vandoptagelsen er i Almindelighed kun 0,1-0,3 %.

Brandsikkerheden er meget ringe. I Ild revner Granit, navnlig paa Grund af Varmespændingerne (§ 51), men ogsaa fordi den afgiver Krystalvand. Granit er derfor uegnet til bærende Dele af Huse. Varmeudvidelsen er omtalt i § 49.

154. Styrke, Haardhed, Slidfasthed besidder Graniten i udpræget Grad.

Trykstykkens størrelse	Forhold til vægten (§ 71)	Hammergranit	Middel	Min.	Maks.
10 Forsøg	for skandinaviske Granit kan regnes 2500 at. Finkornede Sten er ofte stærkere end grovkornede.	Vægt: 2745 kg/m ³ { tør Vaad	2432	2190	2763
20 Forsøg		Vægt: 2721 kg/m ³ { tør Vaad	1893	1762	2179
50 Forsøg		Vægt: 2715 kg/m ³ { tør Vaad	2107	1968	2327
10 Forsøg		Vægt: 2571 kg/m ³ { tør Vaad	2614	2230	3167
10 Forsøg		Vægt: 2571 kg/m ³ { tør Vaad	2491	2096	2832
10 Forsøg		Vægt: 2571 kg/m ³ { tør Vaad	2553	2052	3167

Paa Berlinerlaboratoriet har man som Maksimalstyrke fundet 3689 at og som Middeltal af 59 Arter: 1834 at (§ 67); iøvrigt angives Styrken af tyske Graniter lige ned til 800 at (§ 71).

Styrken mod Træk, Forskydning og Bøjning er ringe (§ 86-9). Brudforlængelsen kan f. Eks. være 0,6 mm/m. Slagstyrken er omtalt i § 90.

Tilladelige Spændinger ved Tryk er omtalt i § 85. Ved Træk, Forskydning og Bøjning kan man regne med indtil 5, 10 og 15 at, saafremt et Brud kun har økonomiske Følger. Trykelasticitetstallet ved smaa Spændinger er ca. 600 000 at (§ 69-70).

Haardheden (6-7) gør Bearbejdelsen meget vanskelig og dyr, og paa Grund af Kvartsindholdet springer Kanterne let af under Bearbejdelsen; Granit egner sig derfor ikke til finere Profiler og Ornamente, men kan modtage en smuk Politur, naar der ikke er for meget Glimmer i den.

Bearbejdelse § 53. Slibning § 240. Polering § 241. Tilhugning § 242-4.

Slidfastheden er meget stor (§ 56 og 60), navnlig hos den nholmske Granit, og Stenen bruges derfor til Brosten, Fliser og Trappetrin, der dog i Tidens Løb slides glatte.

Standsprøveanstalten fandt hosstaaende Værdier (Ing. 1923, S. 620).

155. Brugsomraade. Granit Hovedfortrin er Vejrfasthed, Styrke og Slidfasthed.

Vejrfastheden betinger dens Brug som Beklædningssten udenpaa Beton (Brohvelvinger, Bro piller. Vandbygværker) eller Teglstensmure (Hussokler, Husfacader). Massive Granitmure er ikke almindelige, dels paa Grund af Prisen, dels fordi deres Varmeledningsevne er for stor for beboede Bygninger.

Styrken betinger dens Brug til svært belastede Søjler og Piller og til Underlagssten for Dragere og Søjler af Jærn paa Steder, hvor Brandfare ikke forehæger. Til Fortøjningssten i Havne er Granit saavel som anden Natursten uegnet, dels af Hensyn til Kajskursbrande, dels fordi den knækker for let. Mørtel til

Granit omtales i § 140.

Slidfastheden betinger dens Brug til Brosten, Slidfliser, Vandbygværker udsat for Isgang og til Slibesten i Cellulosefabriker. Granitskærver bruges til Beton og Vejbfæstelse.

Stenuld (Rockwool) fremstilles i Danmark af Granit fra Grusgrave. Dammann Asfalt fremstilles paa Bornholm af Asfalt, Granitmel og smaa Granitskærver; den udlægges i 2-3 cm Tykkelse paa Veje.

b. Dansk Granit.

156. I Danmark forekommer Granit dels som løse Sten (Istidssten, Kampesten), dels som Klippe.

Kampestenene findes over hele Danmark, enten som Marksten paa eller nær Jordoverfladen eller som Søsten i Havet. Kamp er et gammelt dansk Ord for Granit, men Betegnelsen Kampesten bruges nu for alle større Sten (>20 cm) af haarde Eruptiver, altsaa ogsaa for Gneis, Syenit, Basalt m. m.

Markstenene er ikke altid brugbare. De mindst vejrfaste kan være forvitrede under den langvarige Henliggen paa eller i Jorden, hvis de ikke har været omgivet af tæt Ler, der har holdt Vand og Luft borte. De har tidligere været meget anvendt baade som Bygningssten (mange gamle Kirker) og Skærver; den nederste Del af Christiansborgs Facade er opført af slige Sten, stammende fra alle

Landets Egne. Efterhaanden som Beholdningerne svinder, aftager disse Stens Betydning for Forbruget. De sælges i m³.

Søstenene, der er omtumlede af Havet, er af bedre Kvalitet end Landstenene og foretrækkes ofte til Vejskærver, men Hovedanvendelsen er dog til Vandbygningsarbejder. Kysterne omkring de store Forbrugssteder er efterhaanden udtømte, saa Stenfiskerne maa søge længere og længere bort, og Prisen er derfor i stadig Stigen, men dog langt lavere end for utilhuggen Granit fra Stenbrud. Iøvrigt er Prisen meget variabel, da f. Eks. Anlæggelsen af en større Havn fremkalder stærk Prisstigning.

Vandbygningsvæsenet forlanger, at Søsten til Kastninger skal bestaa af fast, uskørnet Granit eller mørk Flint, hvorimod lys Flint, Kalk, Cementsten og Mergelsten ikke modtages. Ofte foreskrives, at Stenenes største Længde ikke maa overstige 3 Gange det mindste Tværmaal. Endvidere foreskrives visse Vægtgrænser, der imidlertid varierer med det Sted, Stenene skal bruges, og de Grejer, man har til at tage dem med. For de mindre Sten - der benævnes Haandsten - foreskrives ofte 20-100 kg. For de større Sten - der benævnes Søsten - er 75 kg Minimum og 7500 kg Maksimum for Sten til Vesterhavshøfderne skal Vægten ligge mellem 1 og 6 t og gennemsnitlig være 2 t.

Stenene betales efter Vægt, og hvis en direkte Vejning er uigennemførlig, tilsejles de i Fartøjer, der af Statens Skibssyn er forsynede med Amnings-Mærker, saaledes at Fartøjets Dybgaende viser Lastens Vægt. Mærkerne angav tidligere Vægten i Læster \approx 2 Tons, men siden 1933 foretages Amningen direkte i Tons.

Ved Beregning af Stenforbruget i Tons, naar Bygværkets ydre Rumfang er givet, forudsætter Vandbygningsvæsenet en Lejringsstæthed svarende til $1 \text{ m}^3 \approx 1,87 \text{ t}$.

157. Bornholmsk Granit. Paa Bornholm forekommer Graniten som Klippe, og herfra eller fra Sverige dækkes Størstedelen af Danmarks Granitforbrug. Den skandinaviske Granit regnes for den bedste i Nordeuropa, og meget af den eksporteres baade som Brosten og Dekorationssten. Der findes umaadelige Mængder af den, og navnlig de bornholmske og sydsvenske Graniter er berømte. Den bornholmske Granit er mindst lige saa god som den svenske¹⁾; alligevel Indfører Danmark ofte Bygningssten og Brosten fra Sverige paa Grund af den noget lavere Pris. I mange svenske (og norske) Brud er Graniten nemlig, i Modsetning til den bornholmske, afsondret i tyndere eller tykkere »Bænke«, hvilket letter Brydningen overordentlig; Brosten kan saaledes hugges ud ved faa Slag af Bænke af Brostens Højde, mens Brosten af bornholmsk Granit kræver et større Tilhugningsarbejde. Tillige er de svenske Granitbruds Beliggenhed gunstligere for Stenenes Udskibning end de bornholmskes.

De vigtigste bornholmske Graniter er sammenstillede nedenfor.

	Yngre Granit		Ældre Granit			
	Hammer	Svaneke	Vang	Almindingen	paradisbakkell	Rønne
Farve	rødlig	graa, el. rødlig	graa, mørk-pletlet	rødlig, stribet	graa, flamm	mørkegraa
Kornstørrelse	mellem	grov	mellem	mellem	fin	mellem

Stribet Granit er Fællesbetegnelse for den ældre Granits 3 første Grupper; den staar paa Overgangen til Gneis. Det er en Gneisgranit, der (i Modsetning til Granitgneis) staar Graniterne nærmere end Gneiserne. Den er langt mere udbredt end de andre, og Udseendet og Godheden varierer en Del. Den indeholder temmelig meget mørk Glimmer, der ligger mer eller mindre lagvis ordnet.

(1) Hammergranit eller Allingegranit brydes paa selve Hammeren og ved Allinge. Den er mellemkornet med megen Kvarts og kun smaa Mængder sorte Mineraler (mørk Glimmer, Hornblende). Farven er lys rød, dog er det røde ikke jævnt fordelt, men Stenen er ret regelmæssig bestrøet med talrige, stærkere røde Smaaskjolder, hvad der paa polerede Flader giver den et livligt Udseende. Skorpedannelse omtales i § 130. Vægt, Styrke og Slidfasthed i § 62, 70 og 154.

1) Den bornholmske Granit har været brudt siden 1823.

Den er i København brugt til Dr. Louises Bro, Carlsberg Bryggeriernes Elefantport, delvis til Glyptotekets Sokkel og Raadhuset, og paa Kunstmuseet er den benyttet til nederste Sökkelskifte, til Pillesten i Hjørnerne og til Midtpartiets Søjlepiller. Stenene fra de forskellige Brud ser nogenlunde ens ud, men kan dog kendes fra hinanden. Sten fra Habbedam ved Allinge er rødere end de andre. Moseløkke ved Allinge kan levere større Blokke end noget andet dansk Granitbrud; Stenen, der er meget haard - se dog § 62 - er brugt til Hirschsprungs Museums Sokkel. Et tredje Brud ligger ved Klinteløkke. Foruden de nævnte røde Sten brydes ogsaa en graa (§ 130).

Hammergraniten er den af de bornholmske Graniter, der lettest tildannes til Brosten.

(2) Svanekegranit eller Neksøgranit er langt mere grovkornet end de øvrige bornholmske og brydes ikke i saa stort Omfang; den er rødlig med store sorte Pletter af mørk Glimmer. De største Korn er Feldspatkorn; deres Tværmaal er ofte 1-2 cm. Den er benyttet i Københavns Havn og Frihavnen, til Frilagerbygningen og til Sokkel og Vinduesindfatninger i »Bikuben«.

Ved Aarsdale midt mellem Svaneke og Neksø findes en Granit, der let smulrer hen til groft Feldspatgrus med et rødt blankt Udseende og frit for finere Sand og Støv. Det udføres til Gangstibelægning og til Støbning af Betonfliser.

(3) Vanggraniten brydes Syd for Hammeren, bl. a. ved Fiskerlejet Vang. Det er en Overgangsform mellem Hammergraniten og den sribede Granit. Den er ligesom Hammergraniten mellemkornet, men indeholder mindre Kvarts og mere mørk Glimmer. Glimmerskællene er i fremtrædende Grad sammenhobede i stjerneformede Smaapletter, og jævnlig er de flade og parallelt ordnede, saaledes at Kløvning lettest foregaar i den af Glimmerpletterne angivne Retning. I denne Henseende er der dog store lokale Variationer; man kan i Vanggraniten finde alle Overgange fra næsten helt ustribet til stærkt sribet. Farven er mørkegraa med en rødlig Tone, sjældnere graarød, og den rødlig Farve viser sig ved nærmere Eftersyn at tilhøre visse af Feldspatkornene, mens andre, der ved deres Størrelse ofte er særlig fremtrædende, er graalig klare. Vanggraniten er en fortrinlig Bygningssten. I København er den f. Eks. brugt i Kristen Bernikows Gade 5 og til Christiansborgs Sokkel, Gesims, Portpartier og Vaser. Som Brosten er den meget anvendt. Den eksporteres i stort Omfang. Om Vægt, Styrke og Slidfasthed se § 62 og 154.

(4) Almindelig Granit ligner Hammergranit, er lys rødgraa og mellemkornet, men mer eller mindre sribet. Den brydes i Bjergbakke ved Vester Marie og bruges navnlig til Vejkansten og Brosten.

(5) Paradisbakkegranit, der brydes nordvest for Neksø, er en finkornet, mørkegraa og hvidflammet, sjældnere rødflammet, marmorlignende Granit, der paa Grund af sit ejendommelige og smukke Udseende har fundet en Del Anvendelse som Facadesten, bl. a. til Københavns Telefonselskabs Bygning paa Nørregade og til Københavns Raadhus, hvor den er brugt til Søjler i den overdækkede Gaard og til Vinduesindfatning; endvidere til Christiansborgs Lygtesokler. De hvide Striber er surere end de mørke og mere vejrfaste. De kan være mer eller mindre rødlig, hvilket viser sig, naar Stenen poleres, men ikke bemærkes, naar Stenen blot er behugget, hvorfor denne Behandlingsmaade foretrækkes.

(6) Rønnegranit er for de dybere Lags Vedkommende mørkegraa, medens de øverste Lag er rødlig. De dybeste Lager blaalig sorte, opadtil bliver Farven noget lysere, og samtidig vokser Kornstørrelsen fra fin til mellemkornet. Stenen er fattig paa Glimmer, mens Hornblende er til Stede i noget større Mængde. Feldspaten er næsten klar og gennemsigtig, men mørkladen. Titanholdig Magnetjærnsten omgivet med en Kappe af Titanit (CaTiSiO₃) kan undertiden findes i væsentlige Mængder som smaa Korn, der paa en poleret Flade ganske ligner Magnetjærnsten, men ikke forvirrer som denne. Stenens Styrke (§ 70 og 154) og Vejrfasthed er fortrinlig. Vægt § 62 og 70. Slidfasthed § 62.

Den er i København brugt til Polyteknisk Lærestanstalt, Botanisk Laboratorium, Professorboligen ved Mineralogisk Museum, Store Nordiskes og Privatbankens Bygning, Toldbodtrappen, Raadhusets Stueetage, delvis til Glyptotekets Sokkel og delvis til Kunstmuseet, nemlig i Facadebeklædningen for Kældermuren i Sydfacaden og til Baandgesims over Kælderen. Den benyttes ogsaa meget til Oravsten, da den lader sig polere meget blank, hvorved den næsten bliver sort.

Stenen brydes i Klippeløkken og Stubbetuerne, et Par Kilometer henholdsvis nordøst og øst for Rønne; i Stubbetuerne fremstilles dog kun Brosten, Skærver og andre Vejmaterialer. Sælgerne betegner den mellemkornede Sten som grovkornet og skelner mellem 4 Sorter: (1) Finkornet, (2) Mellemkornet, (3) Grovkornet sort, (4) Grovkornet rød.

(1) er dobbelt saa dyr som (3) og bruges mest til Gravmonumenter, der skal poleres og være helt sorte. (2) bruges til Monumenter og Husbygning. (3) er den almindelige Husbygningsten (Piller, Facader, Sokkeler, Trappetrin) og er ogsaa brugt til Lillebæltsbroens Piller.

c. Svensk Granit.

158. Svensk Granit bruges meget i Danmark. Næsten alle Bruddene ligger langs Kysten, og de vigtigste nævnes nedenfor, idet der begyndes ved Norges Grænse og endes oppe i den botniske Bugt.

BohusUin Granit er et Navn, der ofte forbeholdes de fin- eller mellemkornede Sten, der brydes ved Stromstad, Hunnebostrand og Malmon. Den er graa eller graablaa med gul eller rødlig Tone. Den bestaar af røggraa eller røggryn Kvarts, lys graarød eller rød Feldspat og mørk Glimmer. $Sc = 2600-3000$ at.

Stromstad og Hunnebostrand Granit er mellemkornet, graa til rød. I København er H. brugt i Ehr. IX's Gade Kvarteret. $Sc = 2100$ at. I Gøteborg er S. brugt paa Stadsteatret.

Malmon Granit er graa eller gulgraa, indeholder Feldspat (Mikrolin, Ortoklas, Plagioklas), Kvarts, Biotit samt lidt Titanit, Granat, Magnetit m. m. Kornene er temmelig ensartede, gennemsnitlig 1,5 mm i Diameter. Vægt: 2600 kg/m^3 . $Sc = 2350$ at. Den er i København brugt til Nationalbankens nederste Etage og til Soklerne for Moses og David ved Frue Kirke.

Bottna Granit, der brydes nord for Uddevalla, er rød.

Uddevalla Granit, der brydes i Bohuslän, er graarød eller rødgryn graa. Den sidste er brugt enkelte Steder i Viborg Domkirke sammen med rødlig Marksten fra Jylland. I København er Glyptotekets nederste Sökkelskifte af Uddevalla Granit.

Lysekil eller Stångehufvud Granit brydes i Bohuslän ved Grönö. Den er mellemkornet, stærkt rødgryn, hvid Feldspat for Størstedelen, nærmest Sydgrænse. Det er Kvartsen er røggryn og Glimmeren mørk. Da den kun indeholder faa sorte Korn (Resten er gulliggrøn), til Monumenter fremfor danske Graniter. Den er i København brugt til Søjler, foretrakkes den ofte som Brosten (§ 154). Korngrænserne er meget tydelige og ses afteft paa Ivar Huitfeldts Monument samt mange Korn af Mørk Glimmer. $Sc = 2700-3000$ at. Varberg og Halmstad Gagnefjærn. $Sc = 2700-3000$ at. Skåralid Granit er: a) rødgryn er Gneiser (§ 160).

Vånga Granit brydes paa Skaanes Nordøstkyst. Den er mellemkornet med højrød, undertiden lidt brunlig Feldspat, røggryn eller graabrun Kvarts og lidt mørk Glimmer. Karlshamn Granit er af varierende Udseende, graa eller graarød, fin- eller mellemkornet, ofte med porfyragtig Struktur. Vægt og Styrke i § 154. I København er den f. Eks. brugt i Østbanegade 27-29 (Gefion og Gylfe), til Sokkel paa Store Nordiskes Bygning, Københavns Nytorv 26-28, og til Østergade 7-9 (Brd. Andersen).

Fra Gärdön i Kalmarlän kommer en grovkornet, blegrød Granit med lidt Vånevik syd for Oscarshamn leverer ogsaa en grovkornet rød Granit Svovlkis og Magnetjærnsten. er ogsaa en grovkornet rød Granit Svovlkis og Magnetjærnsten. Saltvik ved Oscarshamn leverer en storkornet rød Granit, der indeholder meget store Blokke, indtil 13 m^3 , hvortil Kvarts er lysegraa til mørk Glimmer. $Sc = 2600$ at. Jærnsten.

Virbo Granit fra Virbo, nord for Oscarshamn, er en Del Svovlkis og Magnetjærnsten. er en Del Svovlkis og Magnetjærnsten. Den er ogsaa brugt til Siegesdenkmal i Berlin og til nogle af Statuesoklerne i Ørstedsparken (København).

Grafversfors Granit, der brydes i Smuk, grovkornet, mørkerød Sten med Kvarts og fri for sorte Mineraler. Den er brugt til Søjler i Jesuskirken i Valby og i Kunstmuseet til de fritstaaende Søjler paa Midtpartiet samt til Indfatning omkring Hovedindgangsdøren. I Grafversfors har man høfligere ogsaa brudt Granit med andre Farver. Flere af disse Sten er brugt i Københavns Glyptotek. I Uppland brydes Stockholm og Hoveddørens Indfatning.

Ornskoldsvik Granit er en mellemkornet, graa, finkornet og Norrtälje Granit (rød). den indeholder lys Glimmer. Desuden brydes en meget grovkornet Sten med store, røde Feldspatkorn; denne er brugt i Københavns Glyptotek til indvendig Dørrindfatning.

159. d. Anden Granit.

Idefjord Granit er en mellemkornet, lysegraa, næsten hvid med lyserød (sjældnere røgfartet) Kvarts og mørk Glimmer. Den brydes omkring Idefjord Grænse nær Frederikshald. Den eksporteres i stor Udstrækning (f. Eks. til England og Amerika). Den er brugt til Beklædning og udv. Skulptur paa Københavns Glyptotek. I Frederikshald Granit, der bruges til Brosten i København.

Fra Omegnen af Trondhjem kommer en mellemkornet, graalig Sten uden Strøker eller Flammer. Den er brugt til indvendige Dørrindfatninger i Københavns Glyptotek. Drammens Granit er en stærkt rød Biotitgranit, med meget ringe Mængder af sorte Mineraler. Hovedbestanddelen er Kvarts. Den røde Farve skyldes Ortoklas; endvidere findes i København til Piller i Haandværkerbyen. Fra Belgien kommer en mellemkornet, graa, finkornet og Norrtälje Granit (rød). Fra Løze kommer en graabrun, enkelt sort Marmor (§ 207).

Tysk Granit. Fra Meissen kommer en kvartsrig, mellemkornet, grovkornet rød Farve og med $Sc = 1700-2000$ at (Søjler i Kristen Bernikows Gade 5). Fra Schlesien en graalig, mellemkornet Granit med hvid Feldspat og rigeligt Indhold af Kvarts og mørke Mineraler (indvendige Søjler i Palæhotellet). Colcerrow er en lys, mellemkornet Granit med hvid Feldspat og rigeligt Indhold af Kvarts og mørke Mineraler. Farve Feldspat (Feldspatkrytaller indtil $5 \cdot 2 \text{ cm}$) er en svagt grønlig. Lamorna er en spa strøkorn paa $4 \cdot 1 \text{ cm}$.

160. Gneis 2. Gneis, Porfyr, Syenit m. fl.

erne er krystallinske Skifre (§ 4) og tilhører altsaa ikke Erup- verne, men de, der skal omtales her, indholder samme Mineraler som Granit¹⁾ og har samme tekniske Egenskaber, kun er de mere eller mindre lagdelte, under- saa lidt, at det ikke er iøjnefaldende.

¹⁾ D og er Glimmeren ofte lys.

Navnet Gneis knyttes til alle feldspathoidige, krystallinske Skifre, selvom de er dannet af Lerskifer eller feldspathoidig Sandsten. Naar de ogsaa indeholder Glimmer, kaldes de Glimmerskifer, og det er saadanne, der omtales her, dog kun forsaavidt de er dannede af Granit. Grønland bestaar overvejende af Gneis.

Stærkt skifrede Sten duer ikke, men en mindre Grad af Skifrigthed er ofte uskadelig og da fordelagtig, da den letter Brydning og Bearbejdelse, navnlig Fremstilling af Brosten, Trappetrin, Slidfliser og tynde Plader til Facadebeklædning. Vejrfastest er som Regel de Gneiser, der ikke er til at skelne fra Granit, forudsat de iøvrigt har en til god Granit svarende Sammensætning. De skal altsaa være afsondrede i tykke Bænke, være kvartsrige og glimmerfattige, fri for Svovlkis og andre Jærnforbindelser og maa ikke være for grovkornede.

Gneisen er meget udbredt i Skandinavien, og de gode svenske Gneiser bruges meget i Danmark under Navn af Granit og har dennes Brugsegenskaber og Anvendelse.

Varberggneis fra Varberg i Halland er en ejendommelig, mørkegrøn, grovkornet Gneis, der i poleret Tilstand bruges til Gravmonument og i Form af tynde Plader til Facadebeklædning og Skilte. Under Vejrets Paavirkning bliver Farven gulgrøn. I København og Omegn træffes den ofte som Brosten og Skærver. $SC = 2400-3300$ at. Slidfasthed m. m. er omtalt i § 154.

Sondrumgneis eller Halmstadgranit, der brydes ved Sondrum, nær Halmstad, er mellemkornet, rødgraa med røde Flammer. Den bruges i København til Brosten og Skærver og er anvendt til Sokkelen under Absalons Statue paa Højbroplads. $SC = 2000-2570$ at. Slidfasthed m. m. er omtalt i § 154.

Skaanske Gneiser, der er brugt til Skærveballast paa de danske Statsbaner, er Åstorggneis fra Soderåsen, nordøst for Helsingborg; Dalbygneis fra Romeleklint, øst for Malmø; Dagshoggneis fra Dagshog, sydøst for Torekov i Skaane.

Fjaråsgneis er en graasort Facade- og Slidsten. Opdals Gneis omtales i § 191.

161. Porfyryer er Dagbjærgarter med store »Strørkorn« af Feldspat eller Kvarts, spredt liggende Korn, der er større end Grundmassens. Disse Korn er begyndt at udkrystallisere af den flydende Masse, inden denne naede Jordoverfladen, og har derved faaet et Forspring i Størrelse fremfor Grundmassens Korn.

Kvartsporfyrrer eller Granitporfyr er den eneste, der har teknisk Betydning. Sammensætningen er ganske som Granitens, men Grundmassens Korn er mikroskopiske, idet der til Gengæld findes enkelte, større Strørkorn af Feldspat og ofte tillige af Kvarts (§ 151). Farven er i Almindelighed rødlig, og Vægten $2400-2800 \text{ kg/m}^3$. Trykstyrken svinger mellem 1000 og 5200 at og er i Middeltal 1800 at . Vandoptagelsen er 0,65%, og Vejrfastheden fortrinlig. Haardheden er temmelig stor. Slidfastheden er omtalt i § 60.

Stenen lader sig smukt polere og paa Grund af sin Sejghed fint profilere, egner sig altsaa godt til Dekorationssten. Hovedanvendelsen er til Brosten og Skærver, men iøvrigt bruges den ganske som Granit. I Omegnen af Oslo brydes en Kvartsporfyrrer med brun Grundmasse og lyserøde Feldspatkorri. Fra Dalarne i Sverige kommer de sortbrune og røde Elfdal- og Bredvadporfyrrer, der bruges i Kunstindustrien. Fra Sydtyrol (Omegnen af Bozen) kommer en rødlig til graabrun Kvartsporfyrrer med $SC = 2000$ at. Den er brugt til indvendig Dørrindfatning i Glyptoteket.

162. Syenit adskiller sig fra Granit ved ikke at indeholde Kvarts, eller i alt Fald kun meget lidt; den er derfor svagere, blødere og sejgere (se dog § 90), men ligner den ellers meget og anvendes paa samme Maade, hvorfor den i Reglen gaar under Navn af Granit. Den har en grovkornet eller mellemkornet Struktur og lader sig smukt polere. Den forekommer langt sjældnere end Granit. Navnet skyldes Stenens Lighed med en Granit, som Oldtidens Ægyptere brød i Nærheden af Byen Syene.

Vægten er $2500-3100 \text{ kg/m}^3$. Trykstyrken svinger mellem 800 og 2500 at og er i Reglen $1300-1400$ at; Forskydningsstyrken er i Middeltal 165 at. Vandoptagelsen er ca. 1,3%, og Vejrfastheden fortrinlig. Haardheden er betydelig, undertiden lige saa stor som Granits. Ildfastheden er omtalt i § 51.

Nordmarkit, der brydes ved Grefsen og Grorud, lidt nord for Oslo, er en lidt kvartsholdig, lys Syenit, der er anvendt i Københavns Kunstmuseum til Beklædning af Brystningerne under Stueetagens Vinduer samt under Ornamentfrisen paa Syd-Facaden.

Larvikit eller Norsk Labrador, der brydes ved Larvik, er en mørkeblaa eller graablaa Syenit bestaaende af Feldspat og sortegrøn Augit. Dens store, parallelt liggende Feldspatkorn tilbagekaster Lyset i en vis Retning med blaa Skær, hvilket kaldes at »labradorisere«, fordi denne Egenskab først blev iagttaget hos en Feldspat fra Labrador. Den bruges meget i poleret Stand til Søjler, Facadebeklædning (Kristen Bernikows Gade 5) og Vægbeklædning. Graa og røde Varieteter forekommer ogsaa, men er ikke brugt i København.

Tønsbergit brydes ved Tønsberg i det sydlige Norge. En rødbrun Syenit, der i poleret Tilstand ligner Marmor, men indeholder meget Magnetjærnsten, er brugt i København til Landmandsbankens Facade paa Hjørnet af Amagervej og Købmagergade.

Karlshamn Syenit er Diabas (§ 165).

Trakyt er en til Syenit svarende Dagbjærgart (§ 151) og bestaar overvejende af Alkalifeldspat. Om Vejrfastheden se § 103 og 111. Fonolit (Klangsten) er en lignende Dagbjærgart. I Form af Tuf (§ 169) bruges den til Sammenmaling med Portlandcement (Soliditcement).

3. Sortagtige Eruptiver.

a. Basalt.

163. Basalt og nogle beslægtede Sten, der omtales i denne og følgende Paragrapher, bestaar af kalkrig Feldspat og eet eller flere sortagtige Mineraler; Kvarts mangler. De er altsaa meget basiske i deres Sammensætning. Se ogsaa Sammenstillingen i § 151.

Basalt er en sort (graalig, brunlig, blaalig) Dagbjærgart. Kornene er i Reglen saa smaa, at de ikke kan ses med det blotte øje, og Bruddet er muslet. Ved Ingeniørarbejder bruges Basalt som Bygningssten og til Skærver (§ 303, 305) og Brosten (§ 289), i Husbygningen mest i Form af udsavede, tynde Plader (§ 266); til profilerede Arbejder er dell for skør.

Basalt er ofte afsondret i 6-, 5- eller 4-kantede Søjler, der i Tyskland undertiden bruges til Glacis, idet $\frac{1}{2}$ af høje Stykker sættes Side om Side. Søjledelingen træffes først i nogen Dybde under Overfladen — hvor Afkølingen er foregaaet angsomt — og skyldes Vandspændinger; Søjlerne staar altid vinkelret paa den Flade, fra hvilken Afkølingen har været stærkest.

Basalt forekommer paa Færøerne, Island, Grønland og i Sverige (øst for Helsingborg, brydes ikke for Tiden).

Basalt bestaar af kalkrig Feldspat (§ 14) og Augit (§ 16) med noget Magnetjærnsten og undertiden Olivin. Ofte indeholder den 40-55% SiO_2 , 13-19% CaO , 7-14% MgO , 7-12% FeO , 1-2% Fe_2O_3 , 1-2% Al_2O_3 , 1-2% K_2O , 1-2% Na_2O , 1-2% H_2O . Vægt $2700-3300 \text{ kg/m}^3$. R. Middel 1800 at . Trykstyrken svinger mellem 1900 og 5814 at (§ 71), som i de fleste Arter: 3111 at (§ 67); Elasticitet § 69-70; tilladelig Spænding § 85; Slagstyrke § 90. Bøjningsstyrken er ca. 200 at. Vandoptagelsen 0,4-1,28%, Haardheden 6-8, Smeltepunktet $12-1300^\circ$. Varmeledning § 45-46; Varmeudvidelse § 49; Brandsikkerhed § 51.

og Vejrfastheden er som Regel fortrinlig. I geologiske Perioder omdannes Jærnforbindelserne til Ilt Hydroksyder, saa der dannes en rustfarvet Forvitringsskorpe, men for Byggetekniken er dette uden Betydning. Derimod kan nogle Basalter efter kortere eller længere Tids Forløb falde hen til Grue. Det skyldes formentlig i overvejende Grad, at disse Basalter er for skøre til at taale de stærke Temperaturændringer, som f. Eks. mdræder, naar langvarigt Solskin pludseligt afbrydes af Regn — i Tyskland kaldes Stenene »Sonnenbrenner« — men kemiske Ændringer spiller ogsaa en Rolle thi Odelægningen begynder med, at Stenen faar lyse Pletter; disse viser sig undertiden efter nogle Ugers Forløb, undertiden først efter Aars.

Denne Tilbøjelighed træffes kun hos glasagtig og tæt Basalt, ikke hos kornet. Om den findes, kan man afgøre ved at koge Smaastykker af Stenen enten længe i destilleret Vand eller 10 Minutter i stærk Saltsyre og derefter i 5%ig Sodaopløsning; der maa da ikke fremkomme lyse, graa Pletter, fra hvilke der udsfraader mikroskopiske Revner. Disse fremkalder ikke af Behandlingen, gøres blot tydeligere, og det er raem, ej en stammer.

Man kan ogsaa blande lige Dele Basaltmel og Zinkstøv og tilsætte Saltsyre. Solbrændere farves derved violblaa, god Basalt ikke. Tilsættes yderligere Ammoniak, faas henholdsvis et grønt og et hvidt Bundfald.

Trap er en gammel Betegnelse for Basalt, der er lagdelt, saaledes at Klippesiderne fremtræder trappeformede.

Kunstig Basalt omtales i § 3 og 288.

Bauxit er et kolloidalt Forvittringsprodukt af Basalt og bestaar navnlig af Aluminium- og Jærnhydroksyd. Den bruges ved Fremstilling af Aluminium, ildfaste Sten og Alcement.

164. Færøsk Basalt. Færøerne menes dannede ved vulkanske Udbrud i Tertiærtiden. Til hvert Udbrud svarer der et 10-30 m tykt Basaltlag, og Basaltens samlede Mængde anslaaes til over 4000 m. Nogle Lag er revnede, men andre er i fortrinlig Stand. Farven kan variere fra lysegraa over chokoladebrun til graasort, undertiden med grønt og andre Farver isprængt. Den Basalt, der for Tiden brydes, har en brungraa Brudflade, men bliver sort ved Polering. Rumvægt: $2820-3030 \text{ kg/m}^3$; Trykstyrke: 1100-2840 at (§ 258). Den slides omtrent dob-

belt saa stærkt som Granit, naar den prøves paa en Slibemaskine, men i Skærveform bestaar den Rasleprøven (§ 300) lige saa godt som Granit.

Den lader sig lettere save end Granit, men staar naturligvis i denne Henseende tilbage for Marmor, og Savfladen er saa ru, at den maa affræses, inden de almindelige Slibemaskiner kan behandle den.

Paa en poleret Flade ses med det blotte øje sorte, skinnende Pletter af Feldspat i en mere graa og noget mattere Grundmasse af amorf Augit. Under Mikroskopet fremtræder Feldspatpletterne som Samlinger af stangformede Krystaller, og i Augiten ses talrige, smaa, metalglinsende Krystaller af Magnetjærnsten. Indholdet af SiO_2 er ca. 50%. Nogle Lag er rige paa Olivin. Endvidere træffes Zeoliter (Kogesten) i Form af smaa grøngule Krystaller, der i Basaltens Brudflade kan optræde som Pletter af flere cm: Udstrækning. Zeoliter er Silikater med Krystalvand, hvis Mængde ikke er konstant, men vekslende med den-omgivende Lufts Tørhedsgrad; ved Ophedningsmelter de i deres Krystalvand og afgiver dette under en Slags Kogning; de omdannes let af Saltsyre. I enkelte Tilfælde har man truffet Zeoliter som Nydannelser paa gammelt romersk Murværk i Badeanlæg ved hede Kilder. Nogle Oplysninger om Stenen findes i *Ing.* 1914, S. 373.

Brugsomraade. I Form af Brosten og Kvadere kan den næppe bære de store Forsendelsesomkostninger, kun i Form af tynde (24 mm) Plader, der i enten savskaaren, sleben eller poleret Stand kan bruges til Gulv- og Fortovsfliser, Facadebeklædning, Vindues-, Bord- og Gravplader, da de er billigere end Granit, og da Polituren ikke ridses og regner af som Marmors.

Stenen er brugt i Thorshavn til forskellige Huse og i København til Rigsdagens Trapper paa Christiansborg og i Form af tynde Plader til Facadebeklædning paa Buntmager A. C. Bangs Bygning paa østergade, til Sokkelen Trommesalen 3, til Sokkel og Vinduesindfatning østergade 59 samt til Vagt-kompagniets Bygning paa Hjørnet af Axeltorv og Studiestræde.

b. Andre Dagbjærgarter.

165. Diabas eller Grønsten er Basalt dannet før Kulperioden (§ 151) og derfor noget forvitret. Den er gerne finkornet og mørk med et grønligt Skær, der skyldes, at nogle af dens Bestanddele er omdannede til Klorit. Den indeholder noget Magnetjærnsten og er mindre vejrfast end Granit; paa danske Strande kan den træffes som smaa Rullesten, der i en Dybde af flere Millimeter er omdannede til en brunlig Skæl, gennemkrydset af Revner og adskilt fra den tilsyneladende uomdannede Kærne, som blottes, naar Dele af Skallen falder af. Feldspaten, der er det først dannede Mineral, har Form af flade Tavler, der i Tværnit viser sig som smaa Linealer, medens Augiten og de øvrige Mineraler udfylder de uregelmæssige Mellemrum.

Vægt 2800-3300 kg/ms, Haardhed 5-6, Trykstyrke ca. 2000 at, indtil 2700, Elasticitet § 70, Slagstyrke § 90, 300, Varmeforhold § 45, 49, 51. Diabas er fortrinlig til Bygningssten, Skærver (§ 300) og Brosten (§ 60), men kan ikke faas i særlig store Stykker, da den er stærkt sprækket. I København er den brugt i Kristen Bernikows Gade 5 (de polerede Baser).

Bornholmsk Diabas udfylder Sprækker i Graniten. Gangbredden kan være indtil 57 m, men overstiger sjældent 2 m. Stenen brydes ikke.

Svensk, sort Diabas («sort Granit») indføres fra Nordøst-Skaane og tilgrænsende Dele af Smaaland og Blekinge og bruges navnlig til polerede Gravsten. Materialet har Ord for at være meget vejrfast, men skallet kunne sprænges ved lokale Opvarmninger, som de forekommer, naar man borer Huller i det og gaar for rask frem. Mere grovkornede Sten brydes ved Karlshamn («Karlshamn Syenit»), lysere Sten i Mellemsverige. I København er svensk Diabas brugt til Kapitæler i Politigaardens Kedelrum.

Norsk, dybgrøn Diabas brydes ved Molde og udskibes fra Aalesund. Den bestaar overvejende af Augit med noget Olivin; den indeholder 46% SiO_2 + 22% MgO + 13% CaO + 11% Al_2O_3 + 8% FeO. Som poleret Facadebeklædning er den brugt paa Gutenberghus i København.

Tysk Diabas af grøn Farve med hvide Strøkorn, fin- til mellemkornet, brydes i Fichtelgebirge (ved Ochsenkopf og Fichtelberg nær Berneck). Den er brugt til indvendig Dørrindfatning i Københavns Glyptotek og benævnes undertiden med Urette Dioritporfyrit.

166. Dolerit afviger i kemisk Henseende ikke fra Basalt, men er størknet i større Dybde og derfor mellemkornet, saa at man let kan skelne de enkelte Bestanddele. Vægten er 2560-3100 kg/mS, i Middeltal 2800. Styrken er kun 800-1300 at. Den er mindre vejrfast end Basalt, indeholder undertiden Jærnforbindelser, der let ilter sig under Udvidelse; Doleritskærver i Beton kan virke sprængende. Den anvendes som Basalt; Brosten slides hurtigere, men bliver ikke glatte. Ved Reykjavik paa Island findes Dolerit.

Andesit bestaar af Kalknatronfeldspat og enten Magnesiaglimmer eller Hornblende, sjældnere Augit (§ 151). Strukturen er ofte porfyrisk. Andesit bruges til Skærver (§ 300) og undertiden til syrefast Beton i Forbindelse med Vandglas. Porfyrit er en ældre Dannelse af tilsvarende Art (§ 151).

c. Dybbjærgarter.

167. Gabbro svarer i kemisk Henseende til Basalt (§ 151), men Kornene er store, indtil 15 mm, og Augiten er erstattet med Diallag, et Mineral, der ogsaa bestaar af forskellige Silikater. Om Feldspaten se § 14. Gabbro kan f. Eks. indeholde 48-49% SiO_2 , 16-19% Al_2O_3 , 9-17% CaO. Farven er ofte

mørkegraa med grønne og hvide Pletter, Vægten 2800-3100 kg/mS, Styrken knap saa stor som Granits. Slagstyrke § 90 og 300. Varmeledning § 46, Varmeudvidelse § 49. Den bruges til Skærver (§ 300) og som Dekorationssten. Fra Skaane indføres en sort Gabbro med megen Magnetjærnsten, den er brugt til Dørrindfatninger i Københavns Glyptoteks Indre. Middeldkornede Sorter er gode til Brosten (§ 60).

Hyperit er en Gabbroart, der f. Eks. brydes i Immeln-Trakten i Nordøst-Skaane. Stenene herfra synes i poleret Tilstand helt sorte; ved nærmere Eftersyn skelnes en sort Grundmasse af Augit, inde-sluttende dels Feldspatkorn af meregraa Farve, dels Korn af Magnetjærnsten med lys Metalglans. I København ses Hyperit paa Facaden Amagerortv 4.

Diorit er den til Andesit og Porfyrit svarende Dybbjærgart med granitagtig Struktur (§ 151). Det er en grønsort Sten med Kalknatronfeldspat (§ 14, hvidgul eller grønlig) og ét eller flere af de sorte Mineraler (mørk Glimmer, Hornblende, Augit) samt næsten altid Svovlkis. Den kan f. Eks. indeholde 52-69% SiO_2 , 15-23% Al_2O_3 , 3-8% CaO. Vægt ca. 2700 kg/mS, Haardhed 5-6, Styrke § 71, 90, 300. Varmeledning § 46. Dens vigtigste Anvendelse er til Skærver (§ 300) og Brosten (§ 60, 289). Svensk Diorit (fra Vastervik) bruges til Gravsten.

168. Amfibolperidotit (Amfibol = Hornblende, Peridot = Olivin) er en Dybbjærgart, der overve- Jende bestaar af Hornblende.

Solvaag Stenen er en Amfibolperidotit, der siden 1932 brydes i Solvaag i norsk Nordland, og hvis Hovedbestanddele er Hornblende og Augit; i noget mindre Mængde findes lys Glimmer og Olivin; Feldspat mangler. Hornblendekornene kan være flere cm i Tværmaal. Glimmeren findes som smaa Skæl samlede i Pletter af tilsvarende Størrelse, der skinner gyldent, men iøvrigt minder om labradoriserende Feldspatkorn. Olivinen ligger oftest inde i Hornblendekornene og indeholder selv smaa Korn af Magnetjærnsten. Den kemiske Sammensætning kan være 44% SiO_2 + 24% MgO + 10% FeO + 8% Al_2O_3 . Stenen er frostfast og har $SC = 1100$ at. Overfor Behugning forholder den sig som en sejt Granit, overfor Maskinbearbejdning som et haardt Marmor. Den bruges til Facadebeklædning i Form af tynde, savskaarne og slebne Plader, der ofte olieres. Undertiden poleres Pladerne, men Polituren menes ikke at være holdbar. I København kan den ses slebet paa Politikens Hus, Vestervoldgade, og poleret paa Holbechs Hus, Hj. af østergade og Købmagergade.

4. Lava, Pimpsten, Tuf.

169. Lava kalder Geologerne alle vulkanske Masser, der i smeltet Tilstand er flydt ud af Vulkaner og er størknet paa Jordoverfladen ved Afkøling. Navnet er altsaa ikke knyttet til en bestemt kemisk Sammensætning; alle Dagbjærgarter er Lavaer. Dog bruges Betegnelsen mest for den endnu flydende Masse.

I Tekniken er det sonl. Regel kun de stærkt porøse Lavaer, der kaldes Lava, og kun disse omtales her. Porøsiteten skyldes, at der under Størkningen har udskilt sig Luftarter, og at Lavaen har været saa tyktflydende, at Luftblærerne ikke har kunnet undvige. Da et stort Indhold af Kiselsyre gør Massen tyktflydende, er de fleste porøse Lavaer kiselsyrerige og syrefaste (§ 107). De porøse Lavaer kan inddeles i:

(1) Pimpsten, der danner Lavastrømmenes øverste, blærede Lag.

(2) Bims, der er Lavakorn, som under Vulkanens Udbrud er kastet op i Luften og ført bort af Vinden.

(3) Tuf, der er Lavakorn, som i Form af Mudderstrømme er flydt bort fra Vulkanen.

170. Pimpsten er en ved Afkøling størknet, blæret Lava, der findes i Nærheden af aktive eller udslukte Vulkaner.

Pimpsten fra Øen Lipari, nord for Sicilien, er en lysegraa, silkeglinsende Sten, hvis kemiske Sammensætning svarer til Granits (§ 152). Den liar langstrakte Porer og saa tynde Porevægge, at Stenens Vægt kun er 370-900 kgjm³, altsaa mindre end Vands. Porerne er uden indbyrdes Forbindelse, saa Stenen er ikke vandsugende. Som Slibemiddel bruges næsten udelukkende denne lipariske Pimpsten; den har Haardhed 5-6, men slides hurtigt paa Grund af Porøsiteten. Kuplen paa Sophiakirken i Konstantinopel-er bygget af den. Varmeledningsevnen er ringe (§ 46).

Kunstig Pimpsten kan fremstilles ved Ophedning af det danske plastiske Lerl).

1) Se ogsaa *T.F.T.* 1912, S. 194.

171 Bims kalder man i Tyskland en ved Eifelbjergene forekommende Lava der ikke er størket paa Jorden i Form af Lavastrømme men er kastet i Luften og af Vinden ført hen til Lagringsstedet, hvor den findes i Form af Grus med Kornstørrelse 1-40 mm. Kornstørrelsen er mindst i de Lejer, der ligger

Vulkanen fjernest.

Udbruddene menes at være sket omkring Aar -6000. Aflejringerne findes faa Meter under Jorden paa begge Sider af Rhinen nord for Koblenz, saaledes ved Andernach og Neuwied. Bimsen indeholder kun 0,06-0,09% ledes ved Andernach og Neuwied. Bimsen indeholder kun 0,06-0,09% vandopløselige Salte og har iøvrigt en kemisk Sammensætning som angivet i Tabelen. Den er altsaa kiselrefattigere end den lilla Pimpsten. Et tørret Bimskorns Vægt svarer gennemsnitlig til 1000 kg/m³. For Kornhobe i tørret Tilstand fandtes de nedenfor til venstre Indførte Rumvægt, men Bimsen er meget vandsugende og har derfor en langt større Rumvægt i ru befugt Tilstand end i tør, som Tallene nedenfor til højre viser.

	7-20 mm:	530 kg/m ³	0 2 mm	20-50 mm
Bims, tørret	7-25 >>	1330 >>	Grubefugtig	1220
Kulslagge fra Gasværk	7-20 >>	1400 >>	Tørret	700
Højovnslaggeskærver				400 >>

Bims bruges blandet med Kalk eller Cement til lette Mursten (rhinske Svømme-sten) Vægplader og Letbeton i Huse. Pladerne bør lagres længe, for at Væggene ikke skal faa Svindrevner efter Opstillingen; Væggene kan forstærkes meget med Hønsene. 1 cm Masker - og udkastes med 1:2. Bims bruges ogsaa i Grusform som Varmisolningsmatena (Byggematerialer II, 1922, § 476). Kornene er frostfaste.

172 Tuffer kalder man vulkanske Masser, dannede af Aske og grovere Udbrudspartikler og Vand, der som Slamstrømme er flydt ud af Vulkaner og derefter hærtnede i Form af porøse Stenarter. De er derfor snarere Sedimenter end Eruptiver. Pompeii og Herculaneum er dækkede af Tuf. Da Betegnelsen ogsaa undertiden bruges for de vulkanske

Rhinsk Tuf fra Eifelbjergene har i tidligere Tid været brugt til Kirker i Ribeegegnen. er i Form af tilhuggede Sten brugt til Kirker i Ribeegegnen.

Trass er en Tuf sammesteds fra, der navnlig bruges i malet Tilstand som Tilsætning til Kalk- og Cementmørtel, idet den indeholder opløselig Kiseltsyre, som kan omdanne den til Mørtelens Kalk til Silikat. Over Vandlinien er Massen jordagtig (vild Trass), der Vandlinien er den stenagtig, og det er denne, der bruges til Mørtel; Farven ændrer sig nedadefra gul gennem graa til blaa. Den blaa er den bedste. Den rhinske Tuf og Trass stammer fra samme Udbrud som Bimsen.

B. Sedimentbjergarter og omkrystalliserede Sten.

173. Inddelingen i Sedimentbjergarter (Sandsten, Lerskifer, Kalksten) og omkrystalliserede Sten (§ 3-4), af hvilke Gneis er omtalt i § 160, er i det følgende erstattet med en Inddeling, der bedre sorterer Stenene efter deres tekniske Egenskaber, nemlig: (1) Sandsten (2) Skifer, (3) Kalksten og Marmor, (4) Magniumrige Sten.

1) D.A.f.E. Heft 31, S. 7.

1. Sandsten.

a. Egenskaber og Anvendelse.

174. Mineraler. Sandsten bestaar af Smaakorn sammenkittede af et Bindemiddel. Kornene er ofte farveløse eller hvidlige Kvartskorn. Bindemidlet kan være lerholdigt, eller det kan udelukkende være dannet af Stoffer, der har været opløst i det gennemsvivende Vand, f. Eks. Kisel, Kalciumkarbonat, Ferrokarbonat (FeCO₃), Brunjærnsten (§ 19).

I Kisel-Sandstenen er Bindemidlet Kisel. Kornene er oftest saa tæt lejrede, at de synes at berøre hinanden, den holder derfor længe paa Brudfugtigheden og maa tørres særlig godt, inden den anvendes til Husbygning. Det er den stærkeste, haardeste og mest vejrfaste Sandsten. Hertil hører Neksø-, Bremer- og Owedsklostersandstenen.

I Kalk-Sandstenen er Bindemidlet Kalciumkarbonat; den kendes paa, at den bruser med Syrer. Den er ikke saa haard og vejrfast som Kiselsandstenen; i Industribyer angribes den paa samme Maade som Kalksten, og er Stenen meget porøs, vil Bindemidlet ret hurtigt kunne opløses (§ 109, 115, 117). Det samme er Tilfældet, hvis Stenen bruges i Havvand. Om Imprægnering se § 149.

I Ler-Sandstenen er Bindemidlet Ler; den kendes paa Lerlugten, naar man aander paa den. Den er hyppig skifret af Glimmerlag, og Styrken og Frostfastheden er ringe.

Det Stof, der omgiver Sandkornene, er ikke altid af ensartet Natur, og man skelner da mellem Kontaktcementen, som er det egentlige Bindemiddel og kun findes paa de Steder, hvor Kornene omtrent berører hinanden, og Porecementen, der udfylder de øvrige, videre Mellemrum og er det dominerende Stof, efter hvilket ovennævnte Inddeling af Stenene foretages. Visse Lersandsten har Kisel som Kontaktcement og er da meget stærke og vejrfaste. Om Kalkaarer se § 17.

Arkoseer Betegnelse for Sandsten, der er dannede nær det Sted, hvor Moderstenen er forvitret, saaledes at Kornene kun i underordnet Grad har været udsat for Transport med deraf følgende Slid, Opløsning og Sortering. De fleste Arkoser har derfor grove og skarpe Korn og indeholder alle Moderstenens Mineraler. Neksøsandstenen er en Arkose.

175. Farven er oftest gullig eller graa. Et stort Indhold af Jærnilter medfører stærkere gule, brune eller røde Farver og kan nedsætte Modstanden mod kemisk Forvitring, men mange stærkt farvede Sten staar dog fuldt paa Højde med de svagt farvede.

Lagdelling træffes hos næsten alle Sandsten, da de er dannede ved Bundfældning (§ 3). Den letter Brydningen, men forringer Frostfastheden. Lagene er af meget forskellig Tykkelse, og ofte er der Skilleflader af Ler eller Glimmer; hyppigt er der ogsaa lodrette Stik i Lagene, saa at Stenen fra Naturens Haand er delt i Kvadere, f. Eks. Kvadersandstenen i sachsisk Schweiz.

Vægten er gennemsnitlig 2300 kg/m³ (1900-2900).

Porøsiteten er oftest stor: 3-270/0; runde Korn og meget Bindemiddel giver stor Porøsitet, skarpe Korn og lidet Bindemiddel ringere. Porøsiteten bevirker, at Sandstenen er en daarligere Varmeleder end Granit og tæt Kalksten (§ 45-6), og at Kalkmørtel binder godt til den.

Vejrfastheden er meget forskellig og bestemmes navnlig af Bindemidlets Art (§ 174) og af Lagdelingens Udprægethed, mindre af Sandkornenes Art. Frosten er som Regel farligere end de kemiske Angreb. Tegn paa gode Sten er, at Lagene er tykke og ikke skarpt adskilte, og at Glimmer ikke forekommer i sammenhængende Lag, samt at Svovlkis mangler.

Kornene maa hellere være Kvarts end Feldspat af Hensyn til den kemiske Forvitring. Svovlkis er

118
 vnlige skadelig i Kalk-Sandsten, da den dannede Svovlsyre danner Gips med Kalken Om Misfarvning
 na § 132, 134-5, om Imprægnering § 38, 40-41, 44, 149, om Vejrfasthed § 92, 102, 107, 123-6, 128, 138.
 Mørtien omtales i § 123, 141-2. • hos mange gode Sten omkring 700 ,
 Styrken overfor Tryk hgg'er

varierer stærkt
 Trykstyrke: 200-3200 at, se ogsaa § 67; tilladelig Spænding § 85, 87.
 ca. 150 000 at (§ 69-70), Slagstyrke § 90. Træk, Bøjning, Forskydning § 53, 245). Tilstand
 Brydningens omfang i § 232 og 234-5. Bearbejdigheden er god (§ 53, 245). Tilstand
 Haardheden er meget forskellig, men altid ringere i brudflader. Slidfastheden er
 end i tør, hvorfor Stenen ofte hugges færdig i Løbet sig ru. Brandsikkerheden
 forholdsvist ringe (§ 55 o 60-1), men Stenene o
 ikke helt ringe (§ 51-2). Varm. b. der Slidsten, Møllesten, Sil-
 er Brugsomraa. Husfacader, Billedhuggerar eJ.
 besten. Om Kunstig Sandsten se § 307.

b Røde Sandsten.

176 Neksøsandstenen paa Born om forvitret underliggende Granit,
 indeholder derfor ikke blot Kvar s or d' f Jærnoksyd, og Farven veksler me em
 er overvejende Kisele. D n er farvet rød a øde Farve tiltager i Styr e, na ar Stenen
 gulligrød og brun- e er. Vi oletrø. en r aa gamle Bygværker.
 udsættes for Vejret, hvilket kan ses (p d g § 125) og mere slidfast end Bremer-
 Stenen er stærk (§ 70) og vejrfast se o

stenen (§ 61).
 Sandstenen ligger ovenpaa ranl Regnskyll. Den er dannet i en Periode, i
 tionsløst Bjerglandskab med stærke Regnskyll. Den er Danmarks ældste Sedimentsten. dannet ved, at Granitens Glimmer
 sig og senere hævede sig. Den er Danmarks ældste Sedimentsten. dannet ved, at Granitens Glimmer
 De dybeste Lag gaar Jærholm ødt pulver, der fylder Porerne me em
 og Hornblende er om dannede Stens Farve er mørkerød. f dede Feldspatmængden ringere
 disse er mindre end 1 mm en aavirkede, Kornene er lidt mere a run me, at lysere end i de dybeste
 De øvre Lag er mere vandp paa Berøringsstederne. Farven er t ndt Overtræk afrøde Jærmler,
 og Kornene er sammenvoksede paa Berøringsstederne. Farven er t ndt Overtræk afrøde Jærmler,
 Lag; det røde pulver mangler, ki hvidt Pulver, Siallit, der indeholder K, i de røde Kvartskorn ses. Kun
 medens Porerne er fyldt af et fint, blevet rensat af Regn og Blæst, saa a e
 gør Stenen lys, indtil Overfladen er d.
 fra disse Lag tages Bygningsstenene.
 De allerøverste Lag bestaar alle Feldspatkovn forsvundne. Følge af lang Transport, og Kvarts-
 der er meget haard; i Bindemidlet er ren Kisel. Undertiden indeholder Stenen Porer indtil 4 mm i Dia-
 kornene er afrundede. Bindemidlet er ren Kisel. Undertiden indeholder Stenen Porer indtil 4 mm i Dia-
 meter fyldt med en løs Masse. Da Stenen har mange Sprækker, brydes den kun til Skærver til lokalt Brug.
 ført Navnet **Tigersandsten**. Da Stenen har mange Sprækker, brydes den kun til Skærver til lokalt Brug.
 den findes paa Syd-Bornholm ved Rispebjærg og brydes ved Aaker Faldgaard syd for Aakerby.
 den findes paa Syd-Bornholm ved Rispebjærg og brydes ved Aaker Faldgaard syd for Aakerby.

Sandstenen har utvivlsomt gennem Sverige. ud ved Stranden nord for Neksø.
 fortsætter sig mod Nord op § 232. I 1754 anlagde Staten et dybt fBr er anvendt til Neksø Havnemole
 Brydningen omtales i ke af stærkt rød Farve, og Sten her rahu set Fruer Kirke, Classens Bibliotek
 hvor der fandtes tykke Bæn t f n (1797), Kirurgisk Akademi. Dom t tykke men andre viste sig h det
 samt i København til Frøhede. En Del af disse Sten stod sig for ræ da Stormfloden i 1872 gennem-
 og Gittersokkel om Kongens Have. større Betydning og ophørte ganske. Først i 1922 blev Bruddet atter
 holdbare, saa Brydningen fik ingen større Betydning og ophørte ganske. Først i 1922 blev Bruddet atter
 brød Dæmningen, der brydes i Rønne, og der er derefter leveret Sten til Christiansborg
 pumpet tørt af De forenede Granitbrud i Rønne, og der er derefter leveret Sten til Christiansborg
 (Kongeportens Trapper, Forbindelsesbygningens Vinduesindfatninger, Gesimsf, Balustrade (sammen
 med Cottasandsten)), Unitarernes Kirke Østerbrogade 30, Politigaardens Sokkel, Hegnet mellem Kon-
 gens Have og Gothersgade. Fliser til Bund Bænkenes Tykkelse er op til 1/4, saa der vindes kun flade
 Foruden dette dybe Bru Stenen en lysere Farve, og Bænkenes tykkelse er op til 1/4, saa der vindes kun flade
 overfladiske Brud; i disse har Udhuse i den nærmeste Omegn og til Skærver. I København er disse
 Stykker, der bruges til Gærder og Eks. til Eliaskirken paa Vesterbros Torv.
 Sten kun undtagelsesvis brugt, f. s. Skaarne og slebne Plader til Facadebeklædning 3, 4, 5 og 6 cm tykke, indtil
 Brugsformer: (1) Skaarne og slebne Plader til Facadebeklædning 3, 4, 5 og 6 cm tykke, indtil
 2 1/2 m lange og indtil 1 m brede; saa

hvilket medfører en livligere Tegning, bliver Bredden højst 70 cm, da Bænkenes Højde ikke er større
 (§ 253). (2) Blokke med rektangulære Flader og ens Størrelse, Dybden oftest 10-18 cm, Synsfladerne
 enten kløvede, huggede (§ 245), skaarne eller slebne. (3) Rustikblokke, der afviger fra (2), ved at Stør-
 relsen er variabel og ved kun at leveres med Kløvflade. (4) Kyklopblokke, der afviger fra (3), ved at
 Formen er uregelmæssig. (5) Fliser af forskellig Art, der dels kan bruges som (4), dels som Slidfliser
 (§ 288). (6) Trappetrin, Sokkelsten, Dæksten, Dørindfatninger m. m.

Andre danske Sandsten. I den jyske Al kan findes Knolde af Sand sammenkittet af Jærnforbin-
 delser, altsaa en Jærnsandsten, der undertiden kan træffes som Bygningssten. Øxenradesandstenen
 er omtalt i § 19.

Endnu en dansk Sandsten, som i enkelte Tilfælde har været brugt som Bygningssten, kan nævnes
 her, skønt den ikke er rød, nemlig den sydbornholmske Grønsandsten, hvis Bindemiddel er Kalcium-
 karbonat, og hvis grønne Farve stammer fra Glaukonitkorn.

t 77. Fra Øvedskloster i Skaane kommer en lyserød, meget vejrfast Sten med jærnholdigt Binde-
 middel. Den er finkornet med Rumvægt: 2340-2550 kg/m³. Porøsitet: 7-14%, Vandoptagelse: 6-10
 Rumfangsprocent, Selvmætningsevne: 0,75-0,86, Trykstyrke: 570-680 at. Andre Egenskaber er om-
 talt i § 26, 37, 42, 174. Stenen, der stammer fra den øvre Silur, brydes underjordisk (§ 235). Den
 sælges kun i bearbejdet Stand, da Stenbruddet vil undgaa at blive underbudt af konkurrerende
 Stenhuggerier. I Stockholm og Sveriges andre store Byer bruges den overordentlig meget. I København
 kan den ses paa Hjørnet af østergade og Kristen Bernikows Gade.

Rød, skotsk Sandsten er mørkere end Øvedsklosterstenen, indeholder en Del Glimmer og er ikke
 saa holdbar. Den er f. Eks. brugt til Handelsbankens Indgangsportal.

Rød Main-Sandsten er bedre end den skotske. Brugt i København til Øbro-Centralen i Rosenvænget.
 Den brydes i Bayern og Baden. Sc= 800-900 at, Selvmætningsevne: 0,68-0,76.

Broget Sandsten er en brunrød Lersandsten med meget holdbar Farve fra de sydvest-tyske Rhin-
 egne. Den vejer 2400-2600 kg/m³ og har Sc= 630, Sb= 70, Sf= 30 og st= 22 at, se ogsaa § 70. Den
 bruges kun sjældent i Danmark.

Maulbronn Sandsten fra Wirttemberg (Keuperformationen) er mer eller mindre rød, undertiden
 graalig med fine røde Linier (se Kong Salomons Apotek, østergade 60). Den er glimmerholdig og ikke
 altid varig. I København er den brugt til Facaden paa Kreditkassen for Husejerne i Københavns Byg-
 ning (Raadhussplads 59), til Villaa Østerbrogade 28 og som Brystværn ved Nedgangen til Nørreport
 Station ud for Fiolstræde. Sidstnævnte Sted er den i Løbet af faa Aar forvitret stærkt. Stenen indeholder
 82% Kvartskorn+18% Bindemiddel (bestaaende af 38% bundet SiO₂+37% Al₂O₃+12% Fe₂O₃+
 1% (CaO+MgO)+6% (K₂O+Na₂O)+6% Glødningstab). Sc= 380-600 at.

Igaliko Sandstenen fra Julianehaab Distrikt i Grønland udnyttes ikke, men skal omtales, da den
 har meget ejendommelige Egenskaber. Den er blaaligrød, men indeholder talrige hvide Boller, er haard
 og stærk som Granit, gør Indtryk af at være ren Kvarts og lader sig polere. I Virkeligheden indeholder
 den ogsaa en Del Feldspatkovn. Bindemidlet er overvejende Kvarts; i de røde Partier er det rustholdigt;
 desuden indeholder det Glimmer og Kalkspat, og denne bevirker, at Stenen fuldständig sprænges, naar
 den udsættes for Svovlsyring (§ 115). Stenen har mange Revner, og de er uafhængige af Lagdelingsret-
 ningen. Slidfastheden omtales i § 61.

c. Hvide, gule, graa Sandsten.

178. Tyske Sandsten med gulgraa Farve er lneget brugt i Danmark, navn-
 lig Bremerstenen.

Bremersandstenen kommer fra Obernkirchen i Westphalen, VSV for Han-
 nover, og udskibes over Bremen. Den har en varm graaliggul Farve, der aldrig
 er helt ensartet, men oplives af brunligere Strøg og undertiden af store uregel-
 mæssige Skjolder af mørk rustbrun Farve. Det er en Kiselsandsten (§ 174),
 næsten glimmerfri, meget stærk og vejrfast, har Ord for at være den holdbareste
 af de i Danmark benyttede Sandsten og for at holde sig forholdsvis ren.

Sten fra den saakaldte »Blaubank«, en ca. 20 cm høj Bænk af mørkere - »blaa« - Farve, regnes
 for særlig vejrfaste og betales med Overpris.

Bremerstenen er meget brugt i Bremen, Hannover og Amsterdam. I København kan den ses paa
 Polyteknisk Lærestanstals Indgangsportal, Videnskabernes Selskabs Bygning, Københavns Kreditfor-
 enings Bygning paa Gl. Torv, de restaurerede Dele af Børsen, Hagermanns Kollegium, Gl. Torvs Apotek,
 Handelsbanken i Holmens Kanal (stærkt brunskjoldet) og paa Store Nordiskes Bygning, Kongens Nytorv
 26-28, hvor den skaller enkelte Steder.

Stenen er en Ferskvandsdannelse fra Kridtformationens ældste Etage (Deisterlagene). Den indeholder
 ca. 10% Bindemiddel, Resten er I{vartskorn. Af Bindemidlet er 1/3 SiO₂, 1/3 Al₂O₃ og kun en ringe Del
 Fe₂O₃, MgO og CaO. Vægt 2200 kg/m³. Porøsitet 19-23%, ved Vandlagring optager den 5-6 Rumfangs-
 procent Vand, i Vakuum og under Tryk 11%, Selvmætningsevne 0,56. Trykstyrke: 420-1000 at, gen-
 nemsnitlig 700 at. Slidfastheden er mindre end Neksøstenens (§ 61). Blokstørrelse § 253.

Cottasandstenen (ogsaa kaldet Pirnasandsten), den sachsiske Kvadersten,

ligner Bremerstenen, men er mindre ensartet i Farven, indeholder ofte Lerlag, undertiden Svovlkis, er mindre frostfast og ca. 33 % billigere. De bruges en Del sammen, idet Cottastenen bruges til Facadens mindst udsatte Dele. Dens Blødhed gør den særlig egnet til rigt ornamenterede Facader.

Det gamle Christiansborg (opført 1733-40) var bygget af Cottasten, der endnu findes i Pavillonerne ved Marmorbroen m. fl. Steder. I København kan Stenen endvidere ses paa Løveapotekets Bygning paa Amagerstr. Hirschsprungs Museum (Pilastre og Vinduesindfatning), den øvre Del af A. C. Illums Bygning, Gothersgade 49, Thorvaldsens Museums Sokkel, Handelsbankens Bygning paa Hjørnet af

Vingaardsstræde og Laksegade. Vægt 2200-2500 kg/m³, Porøsitet 15,4%, Sc = 200-520 at, st = 22,8 og 8,1 at henholdsvis i tør og vaad Tilstand. Kvartskornenes Diameter er ca. 0,07 mm. I Henhold til Statsprøveanstaltens Beretning 1908, S. 3, kan den gøres fuldkommen frostfast ved Imprægnering med varm Linolie, men dette stemmer ikke helt med praktiske Erfaringer. Brydning § 231. Blokstørrelse § 253.

Warthauer Sandsten fra Warthau ved Bunzlau i Schlesien er en hvid, graa eller gul Kvadersandsten, fri for Kalk og Glimmer. Vægt 2000 kg/m³, Sc = 270-650 at. Brugt i City-Passagen, Kristen Bernikows Gade 2, og til Restaurering af Amalienborg.

179. Svenske Sandsten med graa Farve har tidligere været meget brugt i Danmark, men Holdbarheden har som Regel været ringe.

Gotlandsk Sandsten er en finkornet, ensartet blaagraa Sten med kalkholdigt Bindemiddel og megen Glimmer. Den egner sig til fin Skulptur, men er ikke frost- og vejrfast (Fig. 125,1). Den er benyttet til Børsen, som dog er restaureret med Bremersten; endvidere er den brugt til Amalienborg, Odd-Fellow Palæet, Thotts Palæ og til Vinduesindfatninger paa Kronborg. Den siges at være holdbar, naar Lagene lægges vandret, men det turde være tvivlsomt. Til Slibesten er den velegnet. Vægt 2170-7000 kg/m³, Porøsitet 20%, Vandoptagelse 14-16 Rumfangsprocent, Selvmætningsevne 0,71, Trykstyrke at (tør),

390 at (vandmattet). Helsingborg Sandsten, der brydes ved Pålso nær Helsingborg, tilhører Juraformationen. Den ligner den gotlandske, er finkornet og graa. Den er brugt til de jævne Dele af Kronborgs Facader, men nu anvendes den kun til Slibestene o. 19n.

Sandsten fra Skaane er en til samme Formation hørende finkornet Sandsten med Sc = 825 og 874 at henholdsvis i brudfugtig og tør Tilstand. Den er brugt til Lunds Domkirke haade ud- og indvendig og til indvendig Trappe i Plessens Palæ, Kristianiagade 12. Under nævnte Sten ligger en meget haard, finkornet, feldspatrig Kisel-Sandsten, som bruges til Møllesten.

Hardeberga Sandsten, en kambrisk Sten, der brydes i Romele Klint øst for Lund, er hvid fast sammenkittet (Sc = 3230 at); de mørkere, grønne Lag er mindre gode. Den er forsøgsvis brugt som Skærveballast i Danmark. I Sverige er den f. Eks. brugt til Betonvejen nord for Malmø (Strandvejen). Nogle af Skærverne har skinnende Korn af indtil 2 mm Størrelse og mere, andre Skærver er mere finkornede.

Kinnaråtte Sandsten fra Hellekies er en finkornet, løs og let forarbejdelig, graa Sten, der er brugt til det kongelige Teaters Hjørnekvadere. Den synes ikke at forvitre, men mørknes hurtig.

Gråna Sandsten, der er gul med en let rødlig Tone, bruges i Sverige til Facader, Trapper og Fortovsfliser. Gävle Sandsten med lignende Farver er meget brugt i Stockholm.

d. Sandstensagtige Sten.

180. Klastiske Bjærgarter eller Brudstykke-Bjærgarter kaldes alle de Bjærgarter, der bestaa af større eller mindre Brudstykker af ældre Bjærgarter. De kan være usammenkittede (Sand og Ler) eller sammenkittede (Sandsten, Breccier, Konglomerater).

Breccier og Konglomerater afviger fra Sandsten ved, at de sammenkittede Korn er store, f. Eks. som Skærver og Nøddesten. Breccier har skarpkantede Korn, der f. Eks. kan bestaa af Serpentin og Kalkspat (§ 6), Konglomerater har runde Korn.

Nagelfluh er et Konglomerat, der ganske ligner Beton. Kornene kan have Ægstørrelse og stammer fra mange forskellige Bjærgarter, navnlig Kalksten og Sandsten, men ogsaa Eruptiver; de er sammenkittede af en sandstensagtig Masse. Stenen er ofte hullet. Den brydes i Schweiz hvor den f. Eks. danner en Del af Rigi i de wurtembergske og bayerske Foralper og i Norditalien. Den er brugt til Piller i MunchenS tekniske Højskoles Nybygning 1926 og til Bygninger paa sportspladsen ved Berlin (1936) samt til en Del Bygninger i Milano. De af Kitmassen fremragende runde Sten, der kan ligne Sømhoveder, er Aarsag til Navnet (Søm-Klippe).

Kvartsit omtales i § 190.

2. Skifer.

181. Skifer er en Fællesbetegnelse for alle Bjærgarter med stor Kløvelighed i een bestemt Retning. Skifriheden er en Følge af store Tryk, der har overskredet Materialets Flydegrænse, saa der er sket en Udflydning vinkelret paa

Trykket, hvorved Kornene er blevet flade II paa hverandre. I Forbindelse med de B e er har lagt sig fladt og er gledet O d m anneiser, navnlig til Glimmer. e Isse evælgelser kan d er være s et kemiske

Baade Sedimenter og Eruptiver kan omdannes til — muligt at afgøre disses Oprindelse I d t f lgende Skifere, og det er ikke altid som er af sedimentær Oprindelse. e øgende skelnes der mellem Lerskifer, der ikke i væsentlig Grad h se, d annet af yderst fine sammenkittede Partikler Skifer, der stammer fra har været udsat for Omkrystallisation.' og Krystallinsk omkrystalliseret (§ 4). enten Eruptiver eller Sedimenter, og som er stærkt

Gode Skifere kan udkløves i tynde Plader d fasthed, men der er andre, som selv deler sig, me stor Bøjningsstyrke og Vejrfasthed, og som derfor er ubrugelige. sig, naar de udsættes for Vejrliget,

af Egenskaber, der knytter sig til den skifrede Struktur, som fælles arter, er følgende tidligere omtalt: Vægt § 24, Varmefyldelse og Var er for de mest brugte Skifer- § 53; Slibestørrelse § 60, Slagstyrke § 90, Frostfasthed § 96. Brydningen er omtalt i § 234 og 183.

a. Lerskifer.

a. Oversigt.

182. Mineralerne er Ler, Glimmerskæl og Kvarts, der er aflejlrede i Vand som en Slam, der senere er hærdnet. Kornene er som Regel luikroskopiske. Som tilfældige Indblandinger kan Silke-feren indeholde Kal - k b og Kobberkis, Jærnilter og Kul h vilke Stof CIUM ar onat, Svovlstamme fra Organismer, der er bundfælde er for Størstedelen maa antages at

Alunskifer er en kulrig og derfor sort Lerskifer, rig paa Svovlkis, som lader sig udløse. Den erfor sort Lerskifer, rig paa Svovlkis, Alun, som lader sig udløse. Den hornholmske Alunskifer er d net i øvre Kambrium; den er finkornet med sort Streg og har en Tid været brugt til Alun fremstilling. I Spaltefladerne findes tenformede Tungspatkrystaller overtrukne med Svovlkis samt Gipskrystaller. I Spaltefladerne findes tenformede Vinding spalter Skiferen og Spaltefladerne er a overtrukne med et g l t P arven er hyppigst sort graa bl u u ver af basisk Ferrosulfat. F h d , aagraa, violet eller grøn.

Skifrig e en skyldes, at Stenen har været udsat for store Tryk, og har intet med Lagdelingen at gøre Lerskif ret udsat for store Tryk, og har intet stallinske Skifere. Ierne staar derfor paa Overgangen til de kry-

Undertiden kan de to Retninger dog falde sammen, idet Skifriheden liggende Massers Vægt, men saadan Skifer er ikke stærk. Naar Skifrig skyldes Trykket af de over- bjærgede dannende Tryk, er Stenen meget stærk, og Spalte-ingen danner da gerne en Vinkel med Laenes Retning.

Vejrfastheden er ofte fortrinlig.

For god Lerskifer er Vægten 2700-3500 kg/m³, Vandoptagelsen i Gennemsnit 0,6%, Styrke: Sc = 600-900 at, Sb = 300-400 at, S' = 170-200 at, Haardhed: 3. Varmeledning § 46, Varmefyldelse § 49. Brandsikkerhed: Forholdsvi d (§ 51). Syrfasthed § 107. Brugsomraade L k f svis go d (§ 51). Syrfasthed § 107.

ers, ere bruges navnlig i Fo f PI d er let kløvelige, dels fordi de h ar en uafmædt stor Bøj- g t k H- genskaber er stærkt udviklede, saa PI aderne kan bli In ss yr e. vis disse e til Skoletavler, og hvis de ogsaa er meget ve mege tynde, bruges I Danmark fortrænges Tagskifer aa er meget vejrfaste, bruges de til Tækning.

Tarveligere Skifere af denne er dog I s lgende Grad af Asbestcementplader. Er Skiferen kløvelig b Art bruges undertiden til vandrette Isoleringsslag. bænke, Slidfliser Bord og V, bruges den i Form af tykkere Plader til Saal- ægp a er

De nævnte Skifere omtales i det f lgen d e, der Imod Ikke de tarveligere Skifere, der i nogle Lande bruges s som Mursten.

β. Tagskifer.

Fremstilling, Egenskaber, Prøvning.

183. Fremstilling. Blokkene deles med Sav i Stykker, hvis Kontur nogenlunde svarer til de ønskede Pladers. Stykkerne spaltes efter Midterplanet, de nye Stykker ligesaa, og saaledes fortsættes, indtil den ønskede Tykkelse, der undertiden kun er $2\frac{1}{2}$ mm, er naaet. Spaltningen sker med en lang, bøjelig Mejsel, der slaas med en Trækølle. De udspaltede Plader kantskæres med en Kniv omtrent som en Brødkæremaskines. Den Ende, i hvilken Mejslen er indført, plejer at være noget tykkere end den anden og kaldes Rodenden; den vendes nedad ved Tækningen. Fra Mejslens Indføringssted udstraalet der ofte Furer, der i deres videre Forløb spreder sig over Pladen og ender med at følge dennes Længderetning; langs slige Furer knækker Pladen let, og de bør derfor ikke forekomme i Tværetningen.

Pladerne bør være tynde for at give et let Tag og plane for at give et tæt Tag. Skifertage er lettere end Tegltage).

Revner, der nedsætter Styrke, Vandtæthed og Frostfasthed, kan ses under Lup, og de røber sig ogsaa ved en Klangprøve. Revnede Sten bør kasseres og maa ikke forekomme mellem de Sten, der udtages til Prøvning.

184. Mineralerne er de i § 182 nævnte. De vejrfaste Skifere bestaar overvejende af Glimmer og Kvarts. Glimmeren er lys og findes i de gode Skifere saa fint fordelt, at den ikke nedsætter Vejrfastheden; den betinger Spalteligheden. Ogsaa Kvartsen skal være finkornet; da Skiferen fæstes til Lægterne med Søm², skal man let kunne slaa Huller i den for disse, og den maa derfor ikke indeholde grove Kvartskorn, der vanskeliggør Hulningen og sløver Værktøjet.

Skadelige Stoffer, der kan forringe Skiferens Vejrfasthed, er:

(1) Kalciumkarbonat, der af Luftens Svovlsyrling omdannes til Gips under en Rumfangsforøgelse, der sprænger Skiferen. Tilstedeværelsen kan paavises med Saltsyre (§ 185).

(2) Svovlkis, der let forvitrer som beskrevet i § 19. Findes der større Hobe, kan der opstaa Huller, findes den fint fordelt, kan den ved Forvitringen dannede Svovlsyre tære paa Skifersømmene, men navnlig kan den gøre Skade, hvis Skiferen samtidig indeholder CaCO_3 , der da omdannes, som under (1) nævnt. Efter nogles Mening skyldes kalkholdig Skifers Uholdbarhed alene denne Proces og ikke Luftens Svovlsyrling; de hævder, at Skifer uden Svovlkis er holdbar, selvom den er kalkholdig. Er Skiferen rig paa Svovlkis, kan den forvitte, selv om Luften er syrefri.

Svovlkis kan kendes paa dens blanke Messingfarve og paa Lugten af Svovlsyrling, naar Skiferen glødes med Kul. Det synes navnlig at være finkornet Kis, der forvitrer, i mindre Grad større Krystaller.

(3) Jærnforbindelser af anden Art medfører, at Skiferen affarves af Syre.

(4) Kulstof og bituminøse Stoffer kan forringe Skiferens Ildfasthed; de paavises ved Vægttabet, naar Skiferen glødes med Salpeter.

185. Vejrfastheden skal være meget stor, for at Pladerne med deres ringe Tykkelse og udsatte Beliggenhed ikke skal ødelægges. De gode Tagskifere er udmærket holdbare, man har 3-400aarige Skifertage, der næppe er paavirkede

1) Deres Træunderbygning omtales i *Byggematerialer* II, 1922, § 397 og 399.

2) 4 cm lange, forzinkede Jærn-Traadstifter vejende mindst 2 kg pr. 1000 Stk.; haandsmedede, koniske Kobbersøm kravler ud.

af Vejret, men der er andre, der hurtigt affarves af Luftens Syrer og bliver bløde som Kridt, eller som blader op ved Syrernes Indvirkning paa Svovlkis og Kalk, eller som sprænges af Frosten. Til Bedømmelse af Vejrfastheden kræves derfor ikke blot Fryseprøver, men ogsaa kemiske Prøver, der røber Tilstedeværelsen af saadanne Stoffer. Undertiden er det kun den overdækkede Del af Skiferen, der angribes, fordi det sure Vand fastholdes længe her af Haarrørskraften og af indblæst Sod og Støv, og fordi Omdannelsesprodukterne ikke skylles bort af Regnen, men faar Lejlighed til at tørre ind og da udøver deres Sprængvirkning.

Kobberholdigt Vand synes at affarve visse Skifere. Paa Københavns Hovedbanegaards Uhrtaarn, der i 1909 blev tækket med franske- blaa, grønne og røde- Skifere (§ 188), ses nogle skarpt begrænsede hvidgraa Bælter dannede af Regnvand, der fra kobberklædte Dele er løbet videre ned ad Skifertaget. De blaa og grønne Skifere bliver hvidgraa, de røde ikke; Ridsehaardheden paavirktes ikke.

Kemiske Analyser af den pulveriserede Skifer viser de skadelige Stoffers Mængde, men ikke deres Skadelighed. Denne afhænger mere af Skiferens Struktur og Stoffernes Forekomstmaade. Kalkfri Skifere er ikke altid vejrfaste, og meget vejrfaste Skifere kan undertiden indeholde lidt Kalk.

Saltsyreprøven er en primitiv kemisk Analyse, men saa let at gøre paa en Byggeplads, at man altid bør udføre den. Man drypper blot lidt fortyndet Saltsyre paa Skiferen, der da slet ikke maa bruse.

Jeg har anvendt den paa en Del af de Skifere, der forhandles i København, og Resultatet svarer til de praktiske Erfaringer: Mange Saalbænkesskifere bruser stærkt, amerikansk Tagskifer momentant, mens Port Madoc og de øvrige Skifere, der i det følgende er betegnede som gode, slet ikke bruser.

Et stort Indhold af Kalciumkarbonat viser sig ogsaa ved, at Skiferen sprænges, naar den i stærkt ophedet Tilstand lægges i Vand.

Hvis man pulveriserer Skiferen og behandler Pulveret med 10%ig Saltsyre i 1 Døgn, plejer Vægttabet at være mindre end 4% for gode Skifere.

Mere direkte Vejrfasthedsprøver giver sikrere Oplysninger; de kan udføres paa forskellige Maader.

Svovlsyrlingprøven, der tilsigter en Virkning svarende til Atmosfærens, blot stærkere, udføres med smaa Skiferstykker, hvis Rande er slebne glatte for tydeligere at vise Angrebet; de ophænges i et lukket Glaskar, paa hvis Bund der er hældt Vand, mættet med Svovlsyrling. En daarlig Skifer vil under Svovlsyrlingens Paavirkning blive tungere, bulne ud og spalte, mens en god Skifer ikke angribes.

Prøvelegemernes Størrelse: ca. 5·15 cm, Tilstand: (1) lufttør, (2) vandddrukken. Glaskar: 25 cm højt med 5 cm Vand. Forsøgets Varighed: 28 Døgn, efter 14 Døgn fornyes Vandet. Vejninger: Efter 0, 14 og 28 Døgn.

Svovlsyreprøven, som bruges i England, udføres med tilsvarende Skiferstykker, der lagres i Svovlsyre, det halve Antal i 20%ig, Resten i 40%ig Syre. Efter 10 Døgns Syrelagring skylles Prøvestykkerne i Vand og henlægges til Tørring. Daarlige Skifere vil ved denne Prøve opløses, smulre, svulme op eller spalte, selv i den svage Syre. Gode Skifere vil kun angribes af den stærke Syre. De bedste Skifere taaler begge Syrer.

Skifere, der ikke taaler den svage Syre, kan maaske være holdbare paa Landet i ren Luft, saafremt de ikke indeholder Pyrit, hvis Ilttingsprodukter kan paavirke Karbonatet.

I Tyskland gøres Prøven med 2%ig Syre, hvorved gode Skifere højst vokser 3% i Tykkelse i Løbet af 3 Uger.

Seipps Vejrfasthedsprøve er mere omfattende, idet han udsætter Stenen skiftevis for Kulsyre, Ilt og Svovlsyrling (de tre stærkest angribende af Atmosfærens Bestanddele) og bestemmer Vægttabet. Port Madoc Skiferen bliver ved denne Behandling lysere i Farven, men taber kun ca. 48 g pr. m² paavirket Overflade, mens amerikanske Skifere taber ca. 134 g og ofte spalter.

186. Vandindsugningen bør være yderst ringe, da det modsatte tyder paa manglende Vejrfasthed.

Den bestemmes i U. S. A. ved at lagre Prøvelegemet 48 Timer i destilleret Vand af 20°. Gode Skifere optager 0,05-0,15 Vægtprocent Vand. Da Optagelsen navnlig sker gennem Randene, vokser den noget, naar Prøvelegemets Fladeareal aftager; man bruger kvadratiske eller rektangulære Plader med mindst 10 cm Sidelinie udsavede mindst 2,5 cm fra Skiferens Kant. Man udtager mindst 6 Prøvelegemer, og da Vandoptagelsen er saa ringe, maa de først afbørstes med rent Vand og derefter tørres 24 Timer i en 110° varm Luftstrøm, hvorpaa de henlægges til Afkøling i 15 Minutter; og vejes; sker Vejningen først senere, maa de opbevares i Ekssikator. Efter Vandlagringen aftørres de i et fugtigt Klæde og vejes atter. Man kan ogsaa koge Legemerne 8 Timer og derefter afkøle dem under Vandhanen i mindst 30 Minutter, hvilket plejer at give samme Resultat.

I England bruges Prøvestykker med kun 5 cm Sidelinie og normal Temperatur kan kræve indtil en Maaned, men ved Kogning kun 48 Timer. De bedste engelske Skifere op daer daarlige ligger Tallet oftest højere end 0,3.

Hvis man stiller Skiferen med Enden i Vand, bør den kun suges af en Millimeter op i Løbet af et Døgn; men Resultatet afhænger af Fordampningens Hastighed. Ved at trykke Skiferen mod Tungen kan man mærke, om den suger. Vandgennemgang maa ikke i det mindste 5 cm Van tryk; se ved Strøning Tryk plejer at være uden Virkning. Porøse Skifere kan tættes ved med Linolie.

187. Bøjningsstyrken er meget stor. Furerne medfører, at Bøjningsstyrken er langt større i et Tværsnit end i et Længdesnit, f. Eks. 630-1040 at mod 285-345 at. Vandmættede Skifere er 10-50% svagere. Hverken Styrken eller Styrketabet ved Vandmætning er noget Maal for Vejrfastheden. Styrke og bruger da 10 cm brede Strimler Ved Tagskifere nøjes man ofte med at prøve Tværsnittet med 25 cm Spændvidde og en udsavede mindst 2,5 cm fra Skiferens Kant. De tørres ved 10° og prøves hinanden vinkelrette Retninger; Ekkraft paa Midten. De tykkere Pladeskifere prøves ofte i to paa en furede, vælges Fureretningen som den ene. I Tyskland bestemmes Bøjningsstyrken paa et C. kel og belaster med et Stempel i Centrum Prøveapparatet er en Staalplade (Fig. 187) med ringformet Not fyldt med 3 min Staalkugler. Paa disse hviler en Kæde af 7,9 mm Staalkugler, paa hvilke Skiferen lægges. Stemplet er af Staal, cylindrisk med $d = 30$ mm. Kraften skal vokse med ca. 50 kg!sec. Bøjningsstyrken beregnes af

$$\text{Formlen: } s^b = \frac{\pi \cdot d}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{c}{3} \cdot \frac{p}{D}\right) \cdot \frac{h^2}{2}$$

hvor D er Lejecirkelns Diameter, p Brudlasten

og h Pladens Tykkelse. Tallet d (1) lufttør (2) vandtrukken, (3) frostprøvet (vand-Prøven udføres med Skifer i følgen I s an d rukkun), (4) lufttør efter Varmefasthedsprøve. b t mt af de elastiske Deformationer; de blivende Elasticitetstallet er 800 000 - 1 000 000 at es e

er meget smaa. Tegn Godhed H aar dh d kan bedømmes ved Klangen, Haardhed er egn paa. aar d e b ikke nedsættes væsentlig, naar der bør være lys, eller ved Ridseprøver, en ør K t gdom Skiferen vandlagres. Stor Ridse aar e. er Sk i har Silkeglans. Meget sorte Farven er omtalt i § 182. Glimmerrige i ere " d Skifere, hvis Tværbrua e er ma t som sort Kridt, er ikke go e. Rumvægten SVInger omkring 2800 $\frac{kg}{m^3}$. I Dans k I forenl-ngs Husbygningnormer regnes kun med 2700. Vægtfylden SVInger om ring 2 88. Porerumfanget omkring 2%. Brandsikkerheden er re t r i n g e. Skiferen lver u f . l g t g l ø d e n d e og er tilbøjelig til at springe i Stykker i V armen, h v i l k e t k a n v æ r e a f d e n e .

Varmelednings- og Straalingstal findes i *Byggematerialer II*, 1922, § 473 og 481. Solbeskinnede Skifere bliver meget e e; og det samme gælder Tagrummet

under dem. Varmefastheden undersøges ved at opvarme den lufttørre Skifer til 100° og derefter dyppe den i Vand af Stuetemperatur. Opvarmningen sker i et Tørreskab og saaledes, at de 100° naas i Løbet af ca. 15 Minutter. Prøven gentages 25 Gange. En tilsvarende Prøve bestaar i at koge Skiferen og afkøle den pludseligt.

Tagskifer-Sorter.

188. **Port Mādoc** Skiferen fra Kysten af Wales er den bedste af de i Danmark brugte (§ 185). Den er blaasort, meget fin og kan derfor let udspaltes til store Plader, der kun er $2\frac{1}{2}$ - $4\frac{1}{2}$ mm tykke.

Den almindelige Størrelse er 14·24" engelsk, men de faas lige fra 6·12" til 16·24". Det fineste Port Madoc Mærke er *Did vein* (o; gammel Bjærggang eller Aare) med glat Overflade og uden Tværaarer (o: Tværbælter med uregelmæssig Struktur). Indeholder Old vein Skiferen Svovlkispletter, kan den ikke sælges som prima, og den benævnes *Spotted vein*. *Deep vein* er et tarveligere Port Madoc Mærke, der ikke er rigtig glat og ofte har Tværaarer. I Reglen forlanges bedste Sort blaa Port Madoc Skifer i Størrelse 14·24". Stenene skal være ensfarvede og fuldkantede med skarpe Hjørner. Sten, der er vindskæve eller revnede, maa ikke anvendes.

En rødlig Varietet, der er dyrere end den blaa og formentlig af samme Godhed, ligger paa Helsingørs Banegaards Tag.

Amerikanske Tagskifere er ikke nær saa gode, da de forvitrer paa Grund af deres Kalk- og Kulindhold. De er blaa-sorter, 4-5 mm tykke. De taaler ikke Svovlsyringsprøven (§ 185).

Tyske Skifere er grovkornede med krumme Fibre og kan derfor kun kløves i mindre og tykkere (5-6 mm) Plader. De bruges ikke i Danmark.

Fra Slidre (Valdres) i Norge faas grønne, blaa og violette Tagskifere, 3-10 mm tykke, der staar sig godt. Det er Ler-Glimmerskifere (Fylliter) o: Overgangsformer mellem Lerskifer og Glimmerskifer (§ 191); fra Lerskifer adskiller Fyllit sig ved stærkere Glans paa Kløvfladerne.

Franske Skifere, der brydes i Ardennerne nær den belgiske Grænse, bruges undertiden i Danmark. Blaa kommer fra Rimogne, grønne fra Deville og rødlige (St. Anne) fra Fumay. De blaa og grønne synes at affarves af kobberholdigt Vand, de røde ikke (§ 185). Under uheldige Forhold kan de franske Skifer maaske fortrinsvis de blaa - blade op, formentlig under Indflydelse af Fortætningsvand fra Tagrummet.

Asbestskifer er et Kunstprodukt (§ 225).

7. Plade-, Tavle- og Griffelskifer.

189. Pladeskifer kan man kalde saadanne Skifere, hvis Kløvelighed staar tilbage for Tagskiferens, men som har stor Bøjningsstyrke og derfor kan tilbages og bruges i Form af 1-10 cm tykke Plader, ofte af stor Udstrækning (§ 266).

Vejrfaste Sorter bruges til Saalbænke, Afdækning af Teglstensgesimser, Vægplader i Nødtørftshuse.

Syrefaste Sorter bruges til Syrekar, Bordplader, Gulvfliser.

Ikke syrefaste Sorter kan bruges til Billardplader og i Elektrotekniken til Lavspændingstavler.

Pladeskifer indføres fra Portugal (kalkfri), Italien (kalkholdig, jernfri, haardere, mindre kløvelig), England og Sverige.

Grythytte Skifer er en grafitfarvet Lerglimmerskifer (§ 188) fra Grythyttehed i Vastmanland (Sverige). Den indeholder 60% SiO₂ 19% Al₂O₃, 16% Fe₂O₃+K₂O+MgO+TiO₂ og kun 0,2% CaO. Den er i København brugt paa Søndermark Krematorium til Indfatning og Dæksten ved Kolubariet.

Saalbænke fremstilles gerne af portugisisk Skifer, der er kalkfri. Pladerne leveres fra Brudene 10-60 cm brede og indtil 8,5 cm tykke, hølvede paa begge Sider. I Danmark deles de i de ønskede Længder og flækkes derefter, saaledes at man af hver Plade faar to Saalbænke; disse forsynes med en fræset Vandnæserille og lægges med Kløvfladen nedad. De mest brugte Saalbænkeykkelser er $1\frac{1}{4}$ og 2 cm. Længden kan være indtil 2 m, men er den over 1,6 m, betinger Stenhuggeren sig som Regel at maatte levere Saalbænken i to Stykker, der samles med Fals (§ 98). Naar der undertiden bruges italiensk Skifer, der er kalkholdig, er det ikke, fordi den er billigere, men fordi der kræves Dimensioner, som ikke haves i den portugisiske, men den faar hurtig en graahvid Overflade (§ 109). Kalkholdigheden paavises let ved Saltsyreprøven (§ 185).

Dæksten paa Teglstensgesimser forlanges ofte 1,5 cm tykke og mindst 120 cm lange og forsynede med Vandnæse (§ 98). Vægplader i Nødtørftshuse forlanges 1,2 cm tykke og glat afhøvlede. Bordplader i Laboratorier fremstilles hyppigst af portugisisk Skifer. Lavspændingstavler fremstilles af italiensk Skifer, da denne er jernfri; dens Kalkholdighed er uden Betydning. Tavlerne slibes og ducolakeres. De regnes for mindre paalidelige end Marmortavler. Gæringskar i Ølbryggerier fremstilledes tidligere af Skifer (§ 107), men nu bruges Aluminium eller rustfast Staal.

Tavleskifer kaldes Skifere, som paa Grund af mørk Farve og stort Kulindhold er egnede til at skrive paa og derfor bruges til Skoletavler og andre Tavler. Kravene til god Spaltelighed er de samme som ved Tagskifer; undertiden slibes Tavlerne helt jævne" Den mørke Farve skyldes et stort Kulindhold.

Griffelskifer bruges til Grifler, fordi den er let spaltelig i to Retninger; den ene af disse svarer undertiden til den oprindelige Lagdeling. Griflerne rundes ved i brudfugtig Tilstand af trækkes gennem et Kaliber.

b. Krystallinske Skifere.

190. Kvartsit bestaar af sammenvoksede Kvarts-korn uden Bindemiddel og er som Regel omkrystalliseret Kiselsandsten. Den er ikke skifret, men omtales her, fordi den træffes i flere krystallinske Skifere.

Trykstyrken er hyppigst 1000-2000^{Vat}, men kan være indtil 4400 at. $E^c =$ ca. 800 000 at. Slagstyrke § 90. Slidfastheden er stor (§ 60). Hullede Kvartsiter er egnede til Møllesten, da de holder sig ru. Knust Kvartsit binder godt til Asfalt og bruges som Sand (0-3½ mml) i Asfaltrørtel, der skal være slidfast. Varmeledning (§ 46), Varmeudvidelse (§ 49) og Syrefasthed (§ 107) er stor.

Dansk Kvartsit omtales i § 176. Svensk hvid Kvartsit bruges i Danmark til Vejkansten, Chaussebrosten og Skærver. Ganister er en engelsk Kvartsit, der sammenmalet med lidt Ler bruges til Udforing af Bessemerpærer. Dinassten er engelske, ildfaste Sten, der paa tilsvarende Maade fremstilles af Kvartsit. De vokser under Brugen, fordi Kvartsen omdannes til Tridymit og Cristobalit (§ 12).

191. Kiselskifer er næsten ren SiO₂. Det er en lagdelt Sten bestaaende af mikroskopiske Krystaller af Kvarts og Kalcidon og farvet sort af Kul. Den menes opstaaet ved Omdannelse af Diatomekisel. Er den kulsort med glat Brud, kaldes den Lydit og bruges som Probersten for Guld- og Sølvlegeringer, idet disses Sammensætning bedømmes efter den Streg, de efterlader paa den. Kiselskifer kan træffes i Rallen paa de danske Kyster. Se ogsaa § 17.

Glimmerkvartsit indeholder lys Glimmer uden at være udpræget skifret.

Kvartsitskifer er udpræget skifret og indeholder mere Glimmer, men Kvartsen er dog det dominerende Stof. Mangler Glimmeren helt, haves Kvartsit.

Opdalstenen er en norsk Kvartsitskifer fra Opdal ved Dovrebanen i Trondhjemsfeltet. Det er en lys, graa, noget flammert, glimmerholdig Sten, der menes dannet ved Omkrystallisering af en feldspat-holdig Eruptivbjergart. Haardhed 6-7, Vægt 25-2800 kg/m³. $Se =$ 2280 og i vandmættet Tilstand efter Frostprøve 2030 at, $E^b =$ 640 000 at. Vandoptagelsen er 1 Rumfangsprocent, og Stenen angribes hverken af Mælke-, Salt- eller Salpetersyre. Den optræder i indtil 15 cm tykke Lag og bruges navnlig som Slidsten (Trapper, Gulv- og Fortovsfliser), men ogsaa som kløvede eller skaarne Plader og Skalmuringssten (§ 266) samt til Saalbænke. Stenen er i København brugt over Indgangen til Bundtmager Bangs Hus, østergade 27, og som Gadefliser mellem Børsen og Privatbanken. Naar tynde Plader opsættes paa Facader og skal fastholdes til Bagvæggen med Metalankre, er det en Ulempe, at man ikke kan bore Huller i Kanten, uden at denne flækker; man maa bruge Ankre, der griber om Kanten og altsaa er synlige udefra.

Glimmerskifer bestaar væsentligst af Glimmer (snart lys, snart mørk) og Kvarts. Den kan enten være dannet som Lerskiferen (§ 181), blot under større Tryk og i højere Temperatur, hvorved Glimmermængden er blevet større, eller være dannet af Granit ligesom Gneis (§ 160), i hvilken den da findes som Lag, der afviger fra Gneisen ved større Skifrihed og Glimmerindhold og ved ej at indeholde væsentlige Mængder Feldspat. Kornene er ikke mikroskopiske. Farven er betinget af Glimmeren, der kan være sølvhvid til graa, ogsaa brunlig og grønsort. Vægten er ca. 2700 kg/m³. Styrken ca. 850 at. Vejrfastheden er som Regel ringe, idet Glimmerens lagvise Forekomst bevirker, at Stenen ødelægges af Frost; glimmerfattige Sten, i hvilke Glimmeren ikke danner sammenhængende Lag, staar sig ofte godt. Den er meget udbredt i Sverige og Norge, hvor den bruges til Gulv- og Fortovsfliser og som Tagskifer. Stenen er ret ildfast og har været brugt til Stellet i Højovne. I Grønland findes en Muskovitskifer.

Hornblendeskifer er en mørkegrøn Sten, der overvejende bestaar af Hornblende. Den kan være dannet af Gabbro, Diabas eller Diorit og er almindelig i Skandinavien, hvor den undertiden bruges til Væg- og Facadebeklædning. Paa danske Strande træffes den ofte som Rullesten.

Andre krystallinske Skifere er Gneis (§ 160), Granulit, Kloritskifer, Talks-kifer (§ 218).

3. Kalksten og Marldor.

a. Oversigt.

192. Kalkstensarter. Kalksten bestaar hovedsagelig af Kalciumkarbonat og stammer næsten altid fra Organismer, der hyppigst har levet i Havet, af hvis Kalk de har dannet deres Skeletdele, Skaller eller Boliger (Koralrev). Disse Efterladenskaber er blevet mer eller mindre sammenkittede, ved at Vandet har opløst noget af Kalken og udfældet den i Hulrummene, og senere kan der være sket større Omdannelser, saaledes at man kan skelne mellem 4 Grupper.

Paa Bunden af meget dybe Have findes ingen Kalkaflejringer, thi som Følge af det store Tryk er Vandet saa rigt paa Kulsyre, at det opløser Kalken. Kalkaflejringer findes kun indtil Havdybder paa 4000-6000 m.

(1) Kalksten med organisk Struktur, i hvilke Skallerne eller de andre oprindelige Dannelser tydeligt ses. I Koralkalk ser man Koraltænglerne, i Muslinge-

kalk Muslinges^kallerne, i Kridt er Sk meget porøse og ofte groft hull d. allerne mikroskopiske. Disse Sten kan være (2) Tætte Kalksten, de omtales i § 196-9.

a sten omfatter i H h Ordet tæt (§ 6) alle Kalksten med m.ken old, til Petrografernes Definition af Porøsitet. Ved den her foretagne I roskopiske Korn uden Hensyn til Stenens Sten udskudt af Gruppen. De tætte Kalksten er opstaaede af (1) ved, at de fleste Skaller er sønderdelt til Kalkslam eller er opløst og atter udskilt som Kalksærligt mo standsdygtige Sk i en tæt Kalkmasse, i hvilke man kun ser enkelte

Oolitiske. Kalksten bestaar af a er. Disse Sten omtales i § 200-1 bunden og derefter er gaaet a smaa Skaller, af hvilke en Del er blevet findelt ved at rulle paa Havfældet CaCO₃ paa Overfladen i tørre Periode. I Oplosningen er blevet overmættet og har ud-fældet CaCO₃ paa Overfladen af de større Skaller ofte i koncentriske Lag, saa der dannedes ægformede og sluttelig sammenkittede nye Skaller er Kalkæggen blev egravede i disse og faldet til Ro af Kalkspatkrystaller.

(3) Kornet Kalksten eller Marmor formentlig er dannet ved, at (1) eller (2) der bestaar af Kalkspatkrystaller og og under højt Tryk eller er smeltet i har opløst sig i Vand af høj Temperatur efter Krystallerne har udskilt sig af Berøring med glødende Eruptiver, hvor- § 202-16 sammen med disse tætte Kalksten, der bruges som Marmor i

(4) Kildekalk d. er udskilt af Kilde, er i Kalkstensegne, fordi den Kulsyre De omtales i § 196 og 199 n veget. Disse Dannelser er meget porøse og hullede sammen med (1)

193. Kalkstens Egenskaber

Farven af ren Kalksten og Brugsomraade.

B. a sten er hvid, urene Kalksten kan have alle mulige Farver. Ituminøse Stoffer stammende fra a sten kan have alle mulige Farver. Mængden rigelig, farver de Stenen elve Orgallismene træffes undertiden; er Opkæring. mørk og kan medføre, at den stinker ved

Dendriter er mørke mosa V. g. tige Dannelser, der er afsat i fine Revner af Jærne er manganholdigt

ægten af de porøse Sten der tætte Sten og Marmor bruges i Danmark, er ca. 2000 kg/m³, medens og V armeledningsevnen (§ 46) 2700, indtil 3000 kg/m³ (§ 23-4). Porøsiteten forholder sig omtrent som Granit. vanerer tilsvarende. Tætte Sten og Marmor

Vandsugningsevne n varierer tilsvarende. Tætte Sten ku n 0,08-2,38 Vægtprocent, alts I-d og Marmor Indsuger Sandsten. aa I et mere end Granit og langt mindre end

Vejrfastheden er i Reglen

(§ 109-11), hvis man ikke god, men stærkt farvede Sten affarves af Nedbøren Frostsprængning § 95 98-9 10 ikke imprægnerer (§ 38, 40, 149-50).

Saltudslag § 117 og 123-4. Skorpedannelse § 125. Misfarvning § 132. Rensning § 134-5. Tilladeligt Styretab ved Vædring 138. Valg af Mørtel § 141-2.

Syrefastheden er yderst ringe. Kalksten bruser svage, kolde Syrer som Eddik med og er opløselig i selv Havet, hvor den tilmed angribes af syre. Bog egner sig derfor ikke til Bygværker i af raa d nende, organiske Stoffer (Muldo d) n an ogsaa paavirkes Styrken af de porøse Sten d b J r . da disse udvikler Salpetersyre.

75 at, mens tætte Sten har SC' ler bruges i Danmark, er meget ringe, SC= ca. Elasticitet og Styrke omtal f 1 og Marmor ca 1000 at

§ 88, Forskydning § 89. es f 1 gende Steder: Tryk § 69-71 og 90, till. Sp. § 85, T-ræk § 87, Bøjning

Haardheden er meget forskellig (3-8), nogle er sværere at bearbejde end Granit, andre lader sig skære med Kniv (§ 53 og 245). Stidfastheden kan ikke maale sig med Granits, og da Kalkstenen slides glat, bør den ikke bruges (§ 55-6 og 60).

Brandsikkerheden er ringe, men dog ofte større end Granits (§ 51-2). Varmeudvidelsen svarer til Granits (§ 49).

Brugsomraade. Kalkstenene hører til de mest udnyttede Sten. Til Kalkbrænding bruges de reneste Sorter, til Cementbrænding ogsaa de urene. Om Brydningen se § 231. Som Bygningssten bruges saavel porøse som tætte og krystallinske Sten navnlig i Form af Plader til Facade- og Vægbeklædning. Til danske Ingeniørbygværker er Kalksten lidet brugt. Som Stidsten bruges fortrinsvis de tætte og de krystallinske Sorter, og i Danmark bruges de som Regel kun indendørs. Kalkstensskærver bruges undertiden til Beton, og naar Styrken er stor ($sc > 1500$ at) til Tjære- og Asfaltmakadam. Kalkstensmel bruges som Gødning og som Fyldstof i Tjære, Asfalt, Malerfarver m. m.

b. Danske Kalksten.

194. De vigtigste danske Kalkaflejringer er i hosstaaende Tabel sammenstillede i Tidsfølge, de yngste øverst.

De 4 Kalkaflejringer ovenpaa Skrivekridtet kaldes tilsammen **Det nyere Kridt**; dette og Skrivekridtet menes dannede i en Periode med Tropeklima. At disse Aflejringer bestaar af rent $CaCO_3$ uden Ler og Sand forklares ved, at der ingen Floder er løbet ud i det paagældende Hav, hvilket atter tyder paa, at dette har været omgivet af Ørkener.

Skrivekridtets Dannelse standsede, fordi Bevægelser i Jordskorpen hævede Skrivekridthavets Bund op over Havfladen. Senere indtraadte en Sænkning, hvorved Danmark atter kom under Vand, og i det nye Hav, hvis Sydvestkyst laa langs Linien Esbjerg-Gedser, dannedes Det nyere Kridt, der er aflejret paa lavere Vand.

De forskellige danske Kalksten er omtalt nedenfor og — hvis de bruges som Bygningssten — desuden i de følgende Afsnit.

Antrakonit (Stinkesten) er Betegnelse for Kalksten, der er farvet mørk af organiske Stoffer, som stinker, naar Stenen deles. Den findes ofte i Alunskifer som linseformede Boller, der er udskilt af ned-sivende, kalkholdigt Vand paa Steder, hvor dette har truffet en Kalkkrystal eller Kalkklump. Et helt sort Marmor af denne Art findes i den bornholmske Alunskifer som indtil 3 m store Boller; i disses Skorpe kan Krystallerne være ens orienterede, saa Antrakoniten bliver stænglet.

Andrarum Kalken paa Bornholm er en tæt, mørkegraa, lerholdig Sten, der tidligere har været brændt til Romancement. Den er dannet i Mellem-Kambrium. Indeholder Svovlkis.

Ortoceratitkalken paa Bornholm er graa og fattig paa Ortoceratit (§ 200). Den indeholder 10-15% Ler og har været brugt til Cement, hvorfor den gaar under Navnet Cementstenen; den træffes ofte som Gravliggere og har ogsaa været benyttet til Bygningssten under Navn af bornholmsk Marmor, men nu brydes den kun til Skærver (ved Risebæk). Aflejringer stammer fra øvre Silur; den indeholder ofte Svovlkis.

Amagerkalken paa Bornholm indeholder Kalkstensknolde gennemtrængt af Fosforsyre. Disse saakaldte Fosforitknolde bestaar af Kalciumfosfat med lidt Fluor.

Skrivekridtet ses i Møens og Stevns Klint, ved Mariager Fjord og Aalborg. Det er hvidt, finporøst og afsmittende. Det er ofte gennemtrukket af Flintlag (§ 13), men iøvrigt meget rent, indeholder kun 0,5-5% Urenheder (Ler). Det bestaar overvejende af yderst fin Kalkslam udfældet af Havvandet ved kemiske Processer og indesluttende Kalkskaller af Mikroorganismer, dels yderst smaa ovale Kalkskiver med kun ca. 0,007 mm Diameter (Kokkoliter), dels større cirkulære Kalkskiver med ca. 0,1 mm Diameter (Foraminiferer og Slimdyr).

Blegekridt (Kokkolitkalk)
Bryozokalk
Koralkalk (Faksekalk)
Limsten (Bryozokalk)
Skrivekridt
GraaMergel
Amagerkalk
Ortoceratitkalk
Andrarumkalk
Antrakonit

Flint og Svovlkis findes som Klum, er i Skrivekridtet; Svovlkisen er ofte forvitret til gulbrun Okker. Skrivekridtet i Stevns Klint eksp. Jere i d. reres dels som Raakridt, dels som Slæmmekridt. Det bruges som Taylekridt, Polerpulver, Foderkridt, Fyldstof i Kautsjuk og Malerfarver samt til Kulsyre- og Glasfremstilling. Det jyske Skrivekridt bruges til Cemen- og Alkbrænding og til Gødningskalk.

195. D nyere Kridt omfatter Limsten, Faksekalk, Blegekridt, Saltholmsm. m.

Limstenen er en Bryozokalk, der omtales i § 196; den bruges som Bygningssten og Gødningskalk.

Faksekalken er et Koralkalk, med isprængte Aflejringer af Bryozokalk (§ 198).

Blegekridtet er en Kokkolitkalk (§ 194), der navnlig findes i Jylland. Det ligner Skrivekridt, men er mere sandet at føle paa, indeholder mørkegraa Flint (§ 13) og noget Svovlkis. Det bruges ikke til Bygningssten, men til Gødningskalk, Indlæret (§ 13) og i det almdehge. Blegekridt træffer man fastere Klumper, de saakaldte Blegers, der formelig er opsaaede ved, at gennemsvivende Vand har udskilt $CaCO_3$ i Porerne, og disse Blegers bruges til Kalkbrænding.

Det jyske Blegekridt har været brudt i ca. 1000 Aar i Mø og Daugbjerg og Lønsted og Kalkgruber, der er be-ellers vilde smulre i Frostvejr. Vinterbrydningen foregaar under Jordens Hensyn til, at Kridtet

Saltholmskalken, der har været brudt paa Saltholm til Kalkbrænding fra det 12. Aarhundrede og op til Verdenskrigen 1914-18, dog med Afbrydelser, er dels Blegekridt, dels Yngre Bryozokalk, men der er senere foregaaet Kalkudkillelser i Porerne lige som i Faksekalk, hvorved Stenen er blevet haard og klingende. Det er den mest marmorlignende danske Sten, hvid til gulliggraa. Den er fortrinlig til Brænding, i mindre Grad til Bygningssten, da Dele af den er fuld af Revner og Sprækker. Der har dog været bygget med den i det 18. Aarhundrede i de fleste af Revner og Sprækker. Der har Pakhuse i København og omkring 1740 anvendtes den til det kinesiske Compagnies flere Meter tykt Lag af blød Kalksten, der brydes med Gravemaskiner til Kalkbrænding. Ca. 6 m under Jordoverfladen træffes det ca. 40 cm tykke Lag af haard Kalksten, som nu bruges til Bygningssten, og hvis Trykstyrke opgives til 1350 at. De tilstedeværende Revner begrænser Blokstørrelsen til 150-100 cm. Undertiden findes bløde Partier indlejet med saadanne maa frasorteres, hvis Stenen er for stort. Stenen er brugt i poleret Stand til Amagerbankens Sommeren, da Pumpearbejdet om Vinteren indfatning i Skattevæsenets Nybygning, Gyldenløvesgade 15, Facade, Amagerbrogade 173, og til Port-tilsvarende omdannede Kalksten findes under hele København og i stor Udstrækning vest og nord for Byen og kaldes ogsaa Saltholmskalk, selv om deres geologiske Oprindelse er afvigende. Det er fra disse Kalklag, Byen henter sit Drikkevand.

Ved Farum, Klintebjerg og Glatved er der i Jylland flejret Rullesten af Saltholmskalk, som bruges til Brænding. Saadanne Rullesten er altid udsøgt Materiale, da de indeholder 98,6% $CaCO_3$.

c. Bløde, porøse Kalksten.

196. Danske Kalksten med finporøs Struktur, og som tildannes let, er Lilnsten — ogsaa kaldet Knødtsten og Kildekalk, af hvilke kun de første bruges som Bygningssten.

(1) **Limstenen** — Lijm er det gamle danske Navn for Kalk — er dannet af meget smaa Kolonidyr, de saakaldte Mosdyr eller Bryozoa, der ligesom Koraldyrene bygger deres tænglede Boliger af Kalk (Fig. 196).

Stenen indeholder ca. 99% $CaCO_3$ og er svagt gullig. Den er fast sammenhængende og smitter ikke af som Skrivekridtet, men er temmelig blød og altid porøs, om end i forskellig Grad efter den større eller mindre Mængde krystallinske Kalciumkarbonat, der er udskilt i dens Porer. Den har ringe Trykstyrke (ca. 75 at), men er frostfast, i alt Fald i indmuret Tilstand, og naar den er udsavet rigtigt, da Porerne er jævnt fordelte og ikke særlig fine. I mange gamle Bygninger har den holdt sig fortrinlig. I brud-

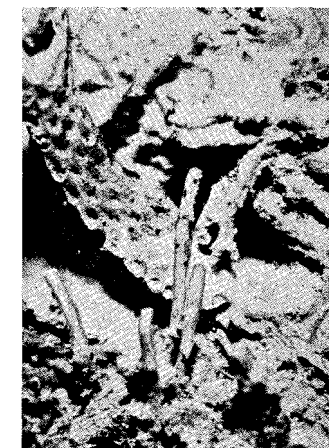


Fig. 196. Limsten. Forstørret 6,6 Gange.

fugtig Tilstand er den meget blød og vandsugende; naar den har siddet faa Aar i en Bygning er den væsentlig haardere og mindre sugende.

Den kan tildannes med Tømrerværktøj, og den udsaves med Haandkraft i Form af store Mursten; større Blokke kan ikke fremstilles, da den er gennemtrukket af Flintlag (§ 13).

Den brydes i Nordjylland paa Strækningen Løgstør-Bulbjærg og er brugt til Kirkebygning i Frederikshavn. Endvidere brydes den i Stevns Klint.

Kridtsten kaldes den Limsten, der brydes i Stevns Klint. Den blev allerede i Absalons Tid ført til København og brugt til hans Borg. Ved Nedrivning af gamle Rønner i den indre By ses Gavlene ofte at være af Kridtsten. I de senere Aar bruges den navnlig til hvide Baand i røde Bygninger (Københavns Raadhus).

Kridtstenen fra Stevns vejer 1710-2040 kg/m³. mens kemisk ren Kalkspat vejer 2720 kg/m³. Dens Trykstyrke er 58, 73, 75 og 77 at, henholdsvis i friskbrudt Tilstand og efter 2, 6 og 12 Maaneders Lagring. Slidfastheden er meget ringe (§ 62). Elasticitet § 70.

Der har tidligere været klaget over, at den gjorde Husene fugtige, men det synes at bero paa, at man havde benyttet de paa Stranden liggende nedstyrkede Blokke, som var gennemtrængt af Saltvand. Varmetabet gennem en massiv Kridtstensmur maa dog antages at være væsentlig større - mindst 50% - end gennem en lige saa tyk Mur af Tegl. Saavidt vides, har man ved Boligbyggeri i Stevns Herred altid brugt hul Mur og pudset eller sækkeskuret Facaden.

Stenen brydes af A/S De jydsk Kalkværker. Den udsaves gerne i Formatet 11,7 · 21 · 42 cm. Høje Blokke (§ 253) er dyre paa Grund af Flintlagene.

Kridtstenen er brugt til Fyrtaarnet i Stevns og til Kirker i Stevns Herred; i København er den brugt til Brønshøj Kirke (ca. 1130), til Botanisk Laboratorium og paa forskellige Steder i Kunstmuseet, saaledes til Pilastre, 110 cm høje Kapitæler ved Vinduerne, den ornamenterede Frise paa Sydfacaden, til Indfatningsfelter omkring Bronzevaabnene paa Endefløjlene mod Syd, samt til Vægbeklædning i den aabne Forhal; endvidere til Otto Mønstedes Hus i Hambrogade. Se ogsaa § 197.

(2) Kildekalk afsætter sig ved Munden af kulsyrerige Kilder i Kalkstens-egne, idet Kulsyren undviger som Følge af Trykformindskelsen, hvorved Calciumkarbonatet udfældes paa de Plantedele, hvormed det kommer i Berøring, som en gullig Kalkmasse, hvori ogsaa Sneglehuse og andre Dyrelevninger kan blive indlejrede. Porøsiteten og dermed Haardheden kan variere stærkt.

Bidragydende til disse Dannelser er Mos og Alger, idet de optager Vandets Kulsyre, uden at den Kalkskorpe, de overtrækkes med, hindrer dem i at vokse videre.

Blød Kildekalk, der undertiden benævnes Kalktuf¹⁾ eller Fraadsten, er meget porøs, af ringe Vægt og let at tildanne, men ikke stærk. I Danmark findes, kun saadan Kildekalk; i Omegnen af Forekomststederne brugtes den i mange Dage som Bygningssten, og de ældste danske Stenkirker er byggede af den, f. Eks. Ribe Domkirke, Kirker i Roskilde og paa Holbækegnen.

Aflejringeres Mægtighed kan være indtil 4 m, og een af de største findes ved Maglekilde i Roskilde, en anden ved Nørlund, Nord for Hobro, en tredje ved Vintremøller SØ for Holbæk. Nogle Oplysninger om skandinavisk Kildekalk findes i »Naturens Verden« 1922, S. 289 (Knud Jessen).

Haard Kildekalk, der er meget tættere og stærkere, benævnes Travertin eller Kalksinter og omtales i § 199 og 215.

197. Udenlandske Kalksten, der er mer eller mindre bløde og porøse, indføres fra Frankrig og Sverige.

Savonniere-Stenen fra det franske Lothringen er sammensat af itubrudte Sneglehuse og Muslingskaller. Den er blød ved Brydningen, der foregaar underjordisk, men hærder i Luften. Den er let at bearbejde, noget stærkere end Kridtstenen og gulere i Farven, men den er ikke altid frostfast.

Vægt 2100 kg/m³. Trykstyrke 70-110 at, Trækstyrke i tør Tilstand 8,3 at, i vaad 4,0 at. Stenen er f. Eks. brugt paa Kunstmuseets Midterparti til Kapitæler, Gesimser, fritstaaende Figurer samt de tvende

1) Undertiden bruges dette Navn ensbetydende med Kildekalk, altsaa omfattende ogsaa de haarde Sorter.

Rundrelieffer; endvidere i Frederiksberggade 16 og til Trappevæggene i Privatbankens Bygning i Slots-holmsgade. I Glyptoteket er Savonnierestenen sammen med den senere omtalte Euville (§ 209) brugt til Pillesten paa Forsiden, Gesimser, Baand, Kapitæler m. m. I Studenterforeningens Facade er Savonniere og Kridtsten brugt i Flæng. I Politigaardens Forhal mod Politortorvet er de svære Piller beklædt med Savonniereplader (§ 103).

Roche douce er en lys, blød Sten fra Roberval, Nordøst for Paris. Den er i København brugt til Frimurerlogen paa Blegdamsvejen (to store Søjler, Dørindfatning, Pilastrenes Baser og Kapitæler).

19naberga Kalksten er en svensk, porøs Sten af hvid Farve med varm, gullig Tone; den tilhører næstøverste Senon (Marmillatus-Zonen). Den er først kommet i Brug i den senere Tid og er navnlig egnet til Ornament. Den er brugt til Baand paa Rosenborg, udvendige Ornament paa Svensk Kirke i København, ved Indgangen til Katolsk Kirke, Nørrebrogade 27, og til to Figurer ved Søpavillonen. Der findes en haard og en blød Kvalitet. Se § 26.

d. Haarde, hullede Kalksten.

198. Faksekalken er et Koralkrev med isprængte Aflejringer af Bryozokalk (§ 194). Den brydes med Sprængstoffer eller Gravemaskine og bruges paa mange Maader:

(1) *Koralkalk* med den oprindelige Koralkstruktur uden Udfyldningsmateriale inellem Stænglerne bruges til Beklædning af Grotter og Drivhuse.

(2) *Koralkalk*, hvis Mellemrum delvis er udfyldt med hærnet Kalkslam, men som endnu er stærkt hullet, bruges til Brænding.

Den indeholder kun 0,9% Urenheder (0,4% MgO, 0,1% Fe₂O₃+Al₂O₃, 0,3% Uopløseligt).

(3) *Koralkalk*, hvis Mellemrum er stærkere udfyldt, og hvis Stængler er mer eller mindre omdannede, kaldes *Faksemarmor* og bruges som Bygningssten, enten i Form af Blokke tildannet ved Hugning eller udsavet i tynde Plader til Facadebeklædning (§ 266). Disse Sten er haarde og frostfaste og kan poleres; i poleret Tilstand varierer Stenens Farve fra lys gul til kraftig gul.

Undtagelsesvis træffes Partier med en stærk gulbrun Farve. Saadanne Sten kan i København ses paa Facaden Store Kongensgade 29.

Uhullede Sten forekommer kun i ringe Mængde, men ofte fylder man Hullerne med Stenkit, og saadanne Sten ser godt ud i poleret Stand og er utvivlsomt ogsaa holdbare indendørs. Til udendørs Sten bør ikke bruges Kit, da denne ved Vejrpaaevirkning faar en anden Karakter end Stenen og skæmmer denne.

Vægt 2520-2630 kg/m³. Trykstyrke 250-840 at, Elasticitet § 70. Slidfastheden er større end Travertins (§ 62). Blokstørrelse § 253.

I København er Faksekalk anvendt til Marmorkirken, den engelske Kirke, Ørstedsparkens Hegn, den nedre Del af Huitfeldts Monument paa Langelinie, Fliser i Politigaardens runde Gaard, Bikubens Gaardfacade Silkegade 8, Dagmarhus og Universitetsbiblioteket paa Tagensvej. Største Blokklængde er 150 cm. Fra 1887 og et Stykke ind i dette Aarhundrede brugtes Faksekalken ikke til Bygningssten.

(4) *Bryozokalken* bestaar af langt mindre Elementer end Koralkalken og er derfor mere finporet. Af enkelte særligt haarde og vejrfaste Lag fremstilles fint behugne Bygningssten, der er holdbare udendørs, og som ogsaa kaldes *Faksemarmor*. De blødere Lag knuses til Gødningskalk eller til Fremstilling af Dammansfalt, der i kold Tilstand udlægges paa Veje som et 2 cm tykt Slidlag. Se ogsaa § 307. Bryozokalken har tidligere været brugt i Fakseegnen til Kyklopmurværk, men paa denne Maade bruges den ikke mere.

(5) *Dolomit* findes som gulbrune Knolde i Bryozokalken og bruges til Terrazzo.

Kehlheim Kalksten fra Bayern ligner Faksekalken, er gulhvid til varm gul med $S_e = 250-537$, $S_b = 66-88$, $S_z^f = 15$, $S_z^l = 25-35$ at. Den bliver hurtigt snavset, men har Ord for at være vejrfast, hvilket dog ikke er blevet bekræftet ved dens Brug i Danmark. Den er anvendt til Facaden i Politigaardens runde Gaard (Søjlerne er af fransk Kalksten) og til Slidfliser i dennes Kolonnade samt i den firkan-tede Gaard og paa Fortovet mod Politortorvet; de i fri Luft liggende Fliser skaller og udveksles efterhaanden med Faksekalk.

199. Travertin er en haard (§ 60) og fast, men stærkt hullet og lagdelt Kildekalk (§ 196), der brydes i mange Lande og er let at bearbejde, men ikke altid taaler Industribyernes Svovlsyring (§ 134). Den bruges navnlig ligesom Faksekalken til Facadebeklædning i Form af tynde Plader udskaarne vinkelret paa Lagene, saaledes at Pladerne bliver sribede, hvorved de kan kendes fra Faksekalken. Farven er gul til stærk brungraa.

Andre svenske Ortoceratitkalksten med lignende Farver og i indtil 30-35 cm Tykkelse brydes andetsteds i Sverige:

Jamtelandsk Kalksten med graabrun Farve og ret fin Tegning brydes ved Brunflo og er i København brugt i Svaneapoteket, Magasin du Nords Filial paa Amagerbrogade og Handelsbankens Filialer ved Vesterport og paa Fælledvej. *Gusta Stenen* (graabrun, graa, rød, sort) er fra Brunflo.

Kinnekulle Kalksten fra Hellekis er i poleret Stand graa med en brunlig Tone, har en kraftig Tegning med skarpe sorte Linier, der omslutter meget uregelmæssige Øer, hvis Farve ofte er noget afvigende fra Omgivelsernes. Stenen ilideholder mange Ortoceratiter. Den brydes af Skånska Cement A/B. I ældre Tid er Kinnekulle Kalksten fra Hellekis brugt til Dele af det kongelige Teater (Fig. 109) sammen med Sandsten (§ 179).

Yxhult Kalkstenen fra Kurnia i Närke er en samtidig Dannelse med 87% Kalciumkarbonat, uden Forsteninger; den er anvendt til Provinsarkivet, det ny kongelige Bibliotek og Helsingørs Havnebygning. $Sc = 700-900$ at.

Gotlandsk Kalksten fra øvre Silur, med $Sc = 700-1100$ at, brydes forskellige Steder paa øen. Den omtales under Marmor (§ 206).

201. Andre udenlandske Kalksten af Betydning er:

Solnhofen Stenen fra Solnhofen i Bayern er en stærkt lagdelt, noget lerholdig Kalksten, hvis meget ensartede Struktur gør den egnet til Litografsten. Det er dog kun de fineste Sten, der bruges paadenne Maade, de grovere finder Anvendelse til Gulv- og Vægfliser og er ikke meget dyrere end brændte Fliser. Farven er gullig eller blaalig. I fri Luft er Stenen tilbøjelig til at skalle paa Grund af Lagdelingen og Lerindholdet. $Sc = 300$ at. Vægfliser med raa Overflade leveres fra dansk Lager i Størrelse 30 • 15, cm, fra Værk indtil 60 • 40 cm. Fliserne kan ogsaa faas halvlslebne og finslebne.

Muslingekalk (§ 192) er en graa Sten, der stammer fra Triasperioden. Den er meget brugt i Tyskland til Buebroer og Piller og til Beklædning af Bjælkebroer og Huse; i Berlins Olympia-Stadions yderfacade er Pillerne af Muslingekalk. $Sc = 700$ at (600-1200). $E^c = 70-800$ t/cm².

Liais de Larrys er en fransk, meget haard, grovkornet Kalksten fra Juraformationen af hvidlig eller lys graagul Farve. Den er brugt til Trappen til Banksalen i Københavns Handelsbank.

Terce Normandoux, der brydes ved Poitiers i Frankrig, er en hvid Kalksten fra Juraformationen. Den er brugt til smaa Søjler i Glyptotekets Festsal.

Portland Stone er en hvid, tillysegul Kalksten fra Juraperioden, der brydes ved Portland paa Englands Sydvestkyst. Stenen indeholder ofte en Del Forsteninger, særlig Muslinger, og er haard og vejrfast (§ 124). Den er i København brugt til Beklædning af Facaden Vesterbrogade 9. I London er de fleste Monumenter og monumentale Bygninger fremstillede af den.

Nummulitkalk er dannet af Nummuliternes Kalkskaller. Disse er flade, linseformede med cirkulært Omrids og bestaar af talrige Spiralvindinger som et fladtrykt Sneglehus. Skivens Diameter kan være indtil 6 cm. Ægyptens Pyramider er byggede af denne Sten.

f. Marmor.

a. Dannelse og Egenskaber.

202. Dannelsesmaade. Ægte Marmor er krystallinsk Kalksten opstaaet ved en Omdannelse af almindelig Kalksten (§ 192). Det findes ofte nær Eruptiver, hvis Varme har medført Omdannelsen (§ 4).

Naar tæt Kalksten ophedes i Kulsyre og Vanddamp, vokser Kornene, idet de mindste Korn opløses helt, og de større Korn opløses overfladisk, og det opløste CaCO₃ afsætter sig paa de største Korn, saaledes at disse vokser paa de andres Bekostning. Paa denne Maade er det meste Marmor dannet. Ophedes stærkere, smelter Kalkstenen ved ca. 1280°, og ved Afkøling faas da ligeledes Marmor, men denne Dannelsesmaade er næppe saa almindelig i Naturen som den førstnævnte.

Ægte Marmor kendes fra tæt Kalksten, ved at det har tydelige Korn, hvis Diameter ofte er $\frac{1}{4}$ —2 mm, og ved at tynde Stykker er gennemskinnelige som Porcelæn.

Foruden de ægte Marmorarter eksisterer der en Del tætte Kalksten, som ikke er omkrystalliserede, men som paa Grund af deres Polerbarhed og smukke Farver anvendes som og i Tekniken gaar under Navn af Marmor og derfor medtages her (§ 207).

Farve og Tegning. Farven kan som Følge af fremmede Stoffer være en hvilken som helst, og ofte er Marmoret aaret, flammert eller plettet. De hvide Aarer i farvet Marmor kan skyldes Spalter udfyldt af ren Kalkspat, som det i Stenen vandrende Vand har udskilt.

Saadant Vand reagerer alkalisk, hvilket kan være Grunden til, at kun Kalken og ikke de farvende Stoffer (f. Eks. det røde Marmors Ferrihydroksyd) opløses. En saadan Sten kan derimod bleges, naar den udsættes for det sure Regnvand.

Sprækker i Marmoret kan ogsaa være fyldt med Kvarts udskilt af Opløsninger. Saadanne Kvartsaarer bliver i Tidens Løb fremstaaende, fordi de ikke opløses af Regnen (§ 109).

Brecciemarmorkalder man ikke blot egentlige Kalkbreccier, der er sammenkittede, skarpkantede Brudstykker af ældre Kalksten (§ 1), men ogsaa Marmor med Ridser og Sprækker, fyldte med et Mineral af anden Farve. Løgmarmor (Cipollin) kaldes Marmor, der er gennemtrukket af grønne eller sølvagtige Glimmerlag paa en saadan Maade, at Strukturer minder om et gennemskaaret Løgs. Slange-marmor (Opbicalcit) (af græsk ophis = Slange) kaldes Marmor, der er gennemtrukket af Serpentinaarer. Næsten alt grønt Marmor er af denne Art. Lumacbel-Marmor er en teknisk Betegnelse for Marmor med Musling-Forsteninger.

203. Marmors Egenskaber falder delvis sammen med de tætte Kalkstens og er for saa vidt behandlet i § 193. De for Marmoret særegne Forhold omtales i det følgende.

Vejrfasthed. Udsat for megen Nedbør vil selv det bedste, polerede Marmor miste Polituren i Løbet af nogle Aar' som Følge af Materialets Opløselighed i syreholdigt Vand, og ofte forsvinder Farverne samtidig; værst er Forholdene i Industribyernes svovlsyringholdige Luft (§ 109-12)., Storkornet Marmor opløses langsommere end finkornet (se dog § 205), og dette langsommere end tæt Kalksten. Vil man anvende Marmor i det fri, bør man i alt Fald holde sig til de krystallinske, lyse Arter, hvis Farver og Tegning er nogenlunde varige, især hvis Marmoret er magnesia- eller kiselsyreholdigt, mens kraftigt farvede, tætte Kalksten hurtig mister deres smukke Udseende, hvis de ikke imprægneres (§ 40-4).

Er der Jærnbindinger i Stenen, vil denne faa gule Skjolder; derfor bør man altid være paa sin Post overfor Marmor, der indeholder Svovlkis eller Magnetjærnsten. Svovlkis kan endog fremkalde Smulring, og det samme gælder Glimmer (§ 214). Marmor, der er frit for de nævnte Bestanddele, plejer at være frostfast og ikke tilbøjeligt til at sprænges ved kemisk Forvitring.

Udvidelse Vand § 104, Skorpedannelse § 125, Misfarvning § 132, Rensning § 135.

Dolomit, som forekommer i meget Marmor (§ 17), forøger formentlig Vejrfastheden, men Spørgsmaalet er omvistet.

Porøsiteten overstiger sjældent 0,2 %, men hældes Blæk paa en frisk flade, vil det dog trænge mindst et Par Millimeter ind. Ved Polering tættens Porerne, saaat indtørret Blæk maaske kan vadskes af uden at efterlade Spor. Er Stenen for porøs til at kunne tættens ved Polering, kan den ikke bruges, hvor den skal bevare et smukt Udseende. Porøsiteten er uafhængig af Kornstørrelsen. Varmeledningsevnen er omtrent som Granits (§ 45-6). Vægten er ca. 2700 kg/m³ (2500-2900) (§ 23).

Styrken er som Regel stor - $Sc = ca. 1000$ at - men der findes ogsaa revnede og skrøbelige Sorter, der let gaar i Stykker under Bearbejdelsen og da maa sammenkittes (§ 281); at de alligevel bruges, skyldes deres dekorative Virkning.

Elasticitet og Styrke omtales følgende Steder: Tryk § 69-71 og 90, till. Sp. § 85, Træk § 87, Bøjning § 88, Forskydning § 89.

Bearbejdelsen volder ingen Vanskelighed (§ 53, 237, 239, 241). Haardheden er som Regel 3 (se § 8 og 54). Slidfastheden er god (§ 60, 62), men Stenen slides glat. Varmeudvidelsen og de Krumninger, den kan medføre, er omtalt i § 49-50, Brandsikkerheden i § 51.

Brugsomraade. I Byggetekniken bruges Marmor mest i Form af udsavede

Plader (§ 266), mindre i Form af Kvadere. Pladerne er ca. 2 cm tykke og kan være meget store. Marmor maa som Regel poleres, for at dets Farver og Tegning kan gøre sig gældende, og paa Grund af Politurens ringe Holdbarhed udendørs bruges. Marmor kun lidet i Danmark til Facader, saaledes som i Syden, men mest indendørs til Trappetrin (§ 282), Gulvfliser (§ 288), Balustrer, Vindueskarne, Vægbeklædning (§ 279) o. s. v. Betonhuses Beklædning med slebet Marmor omtales i § 240.

Evnen til at lede Elektricitet er ringe, navnlig naar Marmoret er frit for metalholdige Aarer, og i Elektrotekniken bruges det til Lavspændingstavler; til Højspændingstavler er det ikke paalideligt nok.

β. Marmorarter.

204. Marmorarterne er nedenfor ordnede geografisk, men indenfor hvert enkelt Land er der tilstræbt en Ordning efter Farve i Rækkefølgen: Hvid, gul, rød, grøn, blaa, graa, sort.

Dansk Marmor omfatter dels det gullige Faksemarmor (§ 198) og Salt-holmskalken (§ 195), der begge er tætte Kalksten i Modsætning til det grønlandske Marmor, der er krystallinsk!).

Grønlandsk. Marmor er i Modsætning til det meste andet Marmor dannet i Jordens Urtid samtidig med Gneis og Granit, altsaa uden Medvirken af Organismer. Det bestaar af 2-3 mm store, skinnende Korn og forekommer i forskellige lyse Farver: Helt hvidt, flødefarvet, blaaligt, hvidt med svage gulrøde Flammer eller graalige Striber.

Foreløbig brydes kun et hvidt Marmor med blaagraa Flammer, der har fundet stor Anvendelse til Facade- og Vægbeklædning, Trapper, Gulvfliser og Mindesmærker. I København kan det ses paa Overformynderiet i Holmens Kanal, paa Fotoramas Hus i Nygade 3 og paa Universitetsbibliotekets Trappe. Marmoret paa Overformynderiet stammer fra de øverste Lag i Bruddet og har en Del Revner; nu er man naaet dybere til Lag uden Revner. Mørkt blaagraa Marmor ses paa Lyngby Raadhus.

De graalige Striber stammer fra Talk; naar Marmoret opløses i Syre, bliver Talken tilbage som en fibret Masse. Ved en Undersøgelse i Laboratoriet for Byggeteknik fandtes Rumvægten 2723 kg/m³, $Sc = 1100$ at (for en meget talkrig Tærning kun 910 at), $Sb = 106-169$ at, Vandindsugning: 0,1 Vægtprocent, Styrke efter Frostprøve: $Sc = 1075$ at. Slidfastheden er god (§ 56).

En kemisk Analyse gav 95% $CaCO_3 + 2,6\% MgCO_3 + 2,4\%$ i Saltsyre uopløselige Stoffer, væsentligst Talk, kun ubetydelige Mængder Biotit og Svovlkis. Mængden af uopløselige Stoffer kan variere fra 0,8-5,0%; i en Prøve af det italienske Blanc clair II fandtes kun 0,025-0,028% (sandsynligvis Kvarts).

205. Norsk Marmor er oftest lyst med livlig Tegning. I ældre Tid kom det meste fra Gjellebæk lidt Nord for Drammen, hvor der findes lyse Marmorarter. Saadant Marmor er i København brugt til den nedre Del af Marmorkirken, indvendig i Odd Fellow'Palæet, Kong Georgs Palæ, Hornung & Møllers Bygning og som Fliser paa Marmorbroen. De gamle Milepæle fra Frederik V og Chr. VII er ogsaa af norsk Marmor. Gamle Sten af denne Art er ofte en Del forvitrede; ikke blot er Overfladen ætset bort i en Dybde af f. Eks. 1 mm, men undertiden er det sure Vand trængt ind langs de store Kornes Grænser og har ophævet Forbindelsen mellem Kornene. Gjellebæk Marmoret er opstaaet ved Smelting af tæt Kalksten (§ 202); de Sprækker, det senere har faaet, er udfyldt med Flint, og disse Flintaarer bliver i Tidens Løb fremstaaende (Fig. 109,1). I de senere Aar brydes Gjellebæk Marmoret atter.

Det moderne norske Marmor kommer iøvrigt navnlig fra de Anckerske Marmorbrud i det nordlige Norge ved Bodø (Furuli, Fauske) og Salten. Marmor fra Fauskeidet har $Sc = 1800$ at og vejer 2700 kg/m³; Vandoptagelsen efter 125 Timer er 0,5 %. Marmoret fra disse Brud har en meget forskellig Farve. I København er det f. Eks. anvendt til Landmandsbankens Bygning og til Balustrer paa Privatbankens Trappe. Blandt disse Marmorarter, der alle har store, klare Korn, skal nævnes:

Furuli, fra Saltenfjorden, helt hvidt med 0,4-1 mm Korn. Det er meget holdbart, ogsaa i fri Luft, maaske paa Grund af dets store Dolomitindhold. Det bruges meget i Rusland og Amerika og er i København benyttet som Facadesten til Bygningen Kongens Nytorv 6, hvor det efterhaanden er blevet graat. *Velfjord* Marmor er ogsaa hvidt; Velfjorden ligger sydligere end Salten. *Andre hvide Marmorarter* fra Norge finder Anvendelse til Terrazzo, fordi deres Slidfasthed er stor, større end Carraramarmor.

Citronmarmor, hvidgult, halvklart.

Sunset, lyst med gulrøde og grønne Lag samt Glimmeararer. *Jaune rosé*, ganske lyst med rødt og grønt Skær, fra Saltenfjorden. *Breche elair*, lyserødt, fra Saltenfjorden, *Breche rosé*, en noget stærkere rød Specialitet fra samme Brud som Breche clair. Det har rullepølseagtige Farver med hvide aflange Pletter og grønne Aarer. Haardhed § 54.

1) Bornholmsk Marmor omtales i § 194.

Ballangen, fra Ofoten, lysegraa.

Antique (onee), fra Saltenfjorden, graat, mørkflammet. *Antique verdatre*, grøngraat, samme Findested som *Antique franca*. *Leifsel gloire*, rødgraat, sribet, synes at indeholde lys Glimmer; fra Saltenfjorden; brugt i København, Amagervej 8.

Gran Marmor, graaligt med lysebrune Tegninger, brydes ved Gran, ca. 100 km Nord for Oslo. *Porsgrund* Marmor, graat med brunligsorte Tegninger, brydes ved Porsgrund nær Skien i Oslofjorden; brugt til Beklædning af Aarhus Raadhus² og Søllerød Raadhus (§ 240).

206. Svensk Marmor. Af ægte Marmorarter, der næsten alle brydes vest for Stockholm, skal nævnes:

Ekeberg Marmor, et gulhvidt Dolomitmarmor med brunlige Flammer; det brydes i Narke, nord for Hjalmaren. Bruges som Facadeplader. Det er meget haardt, 3 Gange saa langsomt at gennemsave som *Blanc clair* (se ogsaa § 54). $Sc = 1870$ at. Plader af det beklæder Persils Facade, Vesterbrogade 2 D, Kbhvn.

Kolmårds Marmor, der i Handelen ogsaa gaar under Navnet *Cipollin sibirique*, og hvis grønne Farve skyldes Indblanding af Serpentin. Det brydes ved Bråviken 25 km fra Norrköping. $Sc = 900-1000$ at. Udendørs gaar Skønheden hurtigt tabt. Navnet er efterhaanden blevet et Fællesnavn for samtlige grønne svenske Marmorarter. Det er brugt i Københavns Raadhus og paa Facaden østergade 59 (Mouvielle).

Gropptorp Marmor, der i Farve og Tegning meget ligner Kolmårds Marmor, brydes ved Gropptorp nær Kathrineholm og er brugt i København til Fontænerne paa Skt. Thomas Plads. Det indeholder lidt Glimmer. $Sc = 1400$ at. Som slebne Plader findes det paa Koncerthusets Facade i Goteborg.

Følgende tætte Kalksten fra Gotland (§ 200) sælges som Marmor.

Visby eller *Hoboek* Marmor er graat med rødlige Korn af meget forskellig Størrelse op til en Tokrone. Det indeholder mange Forsteninger, navnlig Brachiopoder. Disse danner de store, lyserøde Korn, der er mer eller mindre farvestærke og regelmæssige uden stærk Tegning ud over Farvuanancerne. Koraller ses som store, graa Korn med uregelmæssig Kontur og stærkere Tegning, der delvis hidrører fra, at Polituren har en varierende Glans. Bryozoa optræder som smaa flade Korn. Stenen er en Juradannelse og brydes af *AjB* Gotlandsmarmor, Visby. Den sælges i Danmark under Navnet *Breche du Mer* og bruges til Vinduesplader.

Sule Marmor, der brydes ved den lille By *Slite*, er samme Sten som den ovenfor nævnte, blot noget afvigende i Farve og Tegning. Marmoret kaldes ogsaa *Giallo Fleuri* eller, naar den røde Farve er stærkere, *Rouge Fleuri*. Det bruges til Gulvfliser (Kronborgs Riddersal) og Vinduesplader samt til Gravmonumenter (slebne, ikke polerede). Om Sten fra *Brunflo* og *Kinnekulle* se § 200.

207. Belgisk Marmor. Alt belgisk Marmor er tæt Kalksten fra Devon- og Stenkulsformationen. Til de vigtigste Sorter hører:

Rouge des Flandres, mer eller mindre stærkt rødt med hvide, graa eller blaalige Pletter og Aarer. Bruges meget indendørs; i fri Luft taber det hurtigt Farven. Brydes i Franchimont ved Philippeville. Efter Tegningen skelnes der mellem *Rouge royal* med hvide Pletter; brugt i Københavns paa Illus facade mod østergade og som Vægsokkel i Trapperummet mod Pilestræde; *Rouge imperial* med store graa Pletter; *Rouge griotte*, brunrødt med flere Nuancer sammenblandede, saa der opstaar en masret Tegning; graablaa Pletter og undertiden hvide, retliniede Aarer; brugt paa Hotel Fønix' Facade, Bredgade 37.

Waulsort, rødbrunt Brecciemarmor.

Coquille, brunsort med sort og hvid Tegning; fra Namur.

Sainte-Anne, sortegraat Brecciemarmor med lysegraa og hvide Pletter og Aarer af omdannede Koraller; en poleret flade ser ujævn ud. Brydes foruden i Belgien (La Buissiere, Gougnes, Hainaut og andre Brud) ogsaa i Pyrenæerne, men dér er Kvaliteten mindre god. Brugt i Københavns Handelsbank' til Dørpartier og Sokkeler.

Petit Granit eller *Granit beige* eller *Pierre Bleue*, graasort med hvide Tegninger af Koraller og Søjljer, der er omdannede til Kalkspat. Det bruges til Trappetrin, Vinduesplader, Søjler og Murbeklædning. Baade Farve og Politur holder sig temmelig godt i det fri. Behuggede Kvadere af dette Marmor er ganske lyse. Det tilhører Stenkulsformationen og brydes i Ecaussines, Poulseur ved Esneux, Liege, Soignies i Hainaut. I København er det brugt Gothersgade 8. $Sc = 602-1180$ at, i Middeltal af 5 Forsøg: 911 at. Ved Opskæringen stinker det, hvilket skyldes de organiske Stoffer, som det indeholder, og som farver det sort. Haardhed og Slidfasthed § 54 og 62.

Bleu belge, blaasort (næsten sort) med mer eller mindre brede, hvide, retliniede Aarer; tilhører Stenkulsperioden og brydes i Bioulx, Falaen, Bouffieuux; $Sc = 620$ at. Skattes højt som Dekorationsmarmor og er f. Eks. brugt til Vægbeklædning i Palacehotlets Marmorhave. Haardhed § 54.

Noir beige, ensfarvet kulsort, fra Devon- og Stenkulsperioden, brydes i Mazy-Golzinne; Dinant, Basecles. $Sc = 700$ at. Det lader sig meget let polere og bruges ofte til Kamener. Det er meget haardt og slidfast (§ 62) - Arbejdslønnen er 100% større end for det italienske *Blanc clair* - og bruges, derfor til Gulvfliser (§ 288) og Trapper. Kunstmuseets Hovedtrappe' er formentlig fremstillet af det.

208. Tysk Marmor eller *Schlesisk Marmor* eller *Grosskuzendorf* Marmor er et arkæisk, grovkornet, vejrfast Marmor. Det kan være hvidt med en rødlig, varm Tone, men findes ogsaa i andre Farver. Brugt i Søndermark, Krematorium til Fliser og Navnetavler.

Jura gelb, en gul Jurakalk fra Treuchtlingens Malm, er brugt til Svømmebassinets Sider i Københavns Svømmehal.

Untersberg Marmor eller *Salzburg* Marmor, en rødlig hvid til graagul, tæt Kalksten fra Øvre Kridt (Hippurit Kalk) er brugt i København til Østifternes Kreditforening paa Jarmers Plads (Beklædning).

Sehupbach, sort med retliniede, hvide, kraftige Aarer som *Bleu Belge*, en tæt Kalksten, der brydes i Schupbach (Nassau) ved Weilburg ved Floden Lahn. $Sc = 1200-1800$ at. Brugt i København til Sokkel, østergade 16.

209. Fransk Marmor er oftest tæt Kalksten.

St. Béat eller *Blanc de Saint Béat* er et hvidt og blaalighvidt krystallinsk, storkornet Marmor fra Jura-landet. Det brydes ved *St. Béat* i Dep. Haute-Garonne og bruges meget af franske Kunstnere til Skulpturer. $Sc = 650$ at.

Jaune eller *Giallo* er en Fællesbetegnelse for gule, tætte Kalksten. Fra Nordfrankrig kommer følgende fem, der alle er mer eller mindre æggesøbefarvede og uden høj Politur: *Villars rouge*, $Sc = 1025$ at, Vægt 2700 kgjm^3 . *Aney-le-Franc* forekommer dels med gul, dels med blaa Marmorering, $Sc = 1200$ at, Vægt 2600 kgjm^3 . *Comblanehien*, Jurakalk med oolitisk Struktur, σ : sammensat af smaa Kugler indtil Ærtestørrelse; bruges meget til Søjler, Trapper og Balustrader; brydes i Nærheden af Corgoloin, Côte d'Or; $Sc = 1025-1800$ at, Vægt 2700 kgjm^3 . *Corgoloin*, gulgraa Jurakalk, brydes samme Sted. $Sc = 1025-1900$ at, Vægt 2700 kgjm^3 . Kan faas i store Blokke og Længder. *Euville*, der brydes i Departementet Meuse syd for Verdun, tilhører, ligesom Savonniere, Juraformationen og ligner denne, men er haardere, mere grovkornet og lysere (hvid til graahvid). $Sc = 300-475$ at, Vægt 2600 kgjm^3 . Brugt til de 6 Giganter i Christiansborg Drabantsal, Blaagaards Kirke, den øverste Del af Glyptotekets Facade, Richards Buste, foran Garnisons Kirke. Den er ikke væsentlig mere vejrfast end Savonniere.

Lunel, drapfarvet Marmor med røde og hvide Aarer fra Kulfformationen, brydes i Fergues-Hydrquent i Dép. Pas de Calais. Brugt i København til Gulvfliser i Telegramindleveringshallen i Postgaarden paa Købmagergade; Fliserne maa under Henlægnen behandles forsigtigt for ikke at spalte langs, de røde Aarer. Stenen bruges ogsaa til Trappetrin og Søjler.

Languedoc eller *Rouge incarnal*, skarlagensrødt med brede, hvide Flammer, kan kun bruges indendørs, fra Devonformationen; brydes ved Caunes i Departementet Aude.

Griotte, mørkt brunrødt med hvide eller lyse Pletter eller Aarer. Brydes i Omegnen af Narbonne (Caunes).

Vert des Alpes eller *Vert Maurin*, grønt Serpentinmarmor med meget kraftig Tegning. Det er tilbøjeligt til at gaa i Stykker under Bearbejdelsen, derfor foretrakkes undertiden det græske Tinosmarmor (§ 214), der ligner det, men har mindre kraftig Tegning. Brydes i Departementet Basses-Alpes.

Sarrancolin (Hautes Pyrenees) er et Brecciemarmor'wed" stærk Tegning i graa, gule, grønne og lyserøde Farver.

Joinville, ensfarvet graat, brydes i Joinville (Pas de Calais) o. a. St. Ikke krystallinsk. $Sc = 950$ at.

Napoléon, graabrunt med livlig Tegning, ikke krystallinsk, brydes i Pas de Calais mellem Boulogne og Caiais, brugt til Søjler i Københavns Svømmehal. $Sc = 770$ at. *Lumachelle*, en graabrun Jurakalk med mange hvide Forsteninger, brydes i Narbonne. *Boisjoudant*, en mørkegraa Kalksten med røde Pletter og Aarer, brydes i Greez-en-Bouere (Dép. Mayenne).

Noir antique du Nord og *Grand antique du Nord* (begge i Dép. Nord) er sorte med hvide Aarer. *Noir antique* (Hautes Pyrenees) er dybsort med hvide Aarer.

210. Italiensk Marmor fra Carrara. Jordens vigtigste Marmoromraade findes ved Carrara, hvor Mægtigheden er over 1 km. Noget af dette Marmor er stærkt dolomitholdigt. Undertiden indeholder det Svovlisk. Det er let at bearbejde. De hvide Marmorarter bruges undertiden i Møbelindustrien i kunstig farvet Tilstand. Om Varmedningsevnen se § 45-6. De vigtigste Sorter Carrara Marmor er:

Blanc elair (Marmo bianco chiaro) graahvidt med mange vage, blaalige Aarer og Skjolder og meget finkornet (0,1-0,3 mm); fra Triasformationen. Det udgør Hovedmassen af Carraras Produktion, er en af de billigste og mest benyttede af alle Marmorarter og bruges hele Jorden over som Arkitekturmarmor og til slebne Gulvfliser (§ 56 og 288) samt til Møbelplader (Diske, Servanter), Vægplader, elektriske Fordelingstavler o. 19n. Indhold af CaCO_3 : 98%, Rumvægt 2715 kg/m^3 . $Sc = 900-1300$ at, $E_{el} = 788 000$ at, $mel = 3,7$, Bøjningsstyrken er større end de fleste andre Marmorarters, i *Laboratoriet for Byggeteknik* fandtes $Sb = 153-172$ at. Opløselighed § 204.

Blanc clair er i København brugt hos A. C. Illum dels til Facaden mod østergade, dels til Stueetagens Flisegulve, begge Steder i Forbindelse med det belgiske *Rouge royal*.

Blanc clair kan optræde med forskellige Tegninger, og man skelner mellem 2 Typer: (1) *Bianco chiaro ordinario*, der ikke har skarpe Aarer, men nærmest en plettet eller skyet Tegning; det sorteres efter Hvidheden i 4 Kvaliteter, af hvilke II (tilnærmelsesvis hvidt) og III (lysegraa) er mest brugt; Haardhed § 54. (2) *Bianco venato* har skarpt tegnede Aarer, og man skelner mellem mindst 10 Typer, blandt hvilke: (a) Arabescato med ren hvid Grund og graa Aarer, der danner et fint Net, samt (b) Piastraccia, der ligner den foregaaende, men har en mere urolig Tegning med bølgede eller zigzagformede Aarer.

Blanc P. (Bianco P.) fra Triasformationen er mere finkornet, de fleste Korn er 0,03-0,06 mm. Det er en finere Vare end *Blanc clair*, hvidt som Porcelæn og uden sorte Aarer. Betegnelsen »P« er meget gammel, og ingen ved med Sikkerhed, hvorfra den stammer, men den menes at være en Forkortelse af Porcelan. Marmoret bruges, til rigere Arkitekturarbejder, Figurer, finere Inskriptionstavler, Gravkors m. m. Haardhed § 54.

Statuario er det berømte Statuermarmor, der kun udgør 1-2% af Carraras Produktion. Det er saa ensartet og sammenhængende, at selv Kniplinger kan gengives i det. Det er sukkeragtigt kornet, og Kornene er fortandede. Det er mere storkornet end *Blanc P.* (oftest $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ mm, op til $\frac{3}{4}$ mm), som det ogsaa adskiller sig fra ved Farven, der er gullighvid som lys Hud, og ved ikke at være holdbart udendørs; selv i slukkede Rum kan det miste Glansen og faa et gipsagtigt Udseende. Haardhed § 54.

I' Kvalitet (Statuario di Falcovaja, Monte Altissimo) er lidt gullig og faar ved Polering en voksagtig Glans; i fri Luft bliver den gullig og brunlig, desto hurtigere, jo daarligere den er poleret. 2' Kvalitet (Statuario Carrar) er hvid, men noget plettet og glimmerholdig og heller ikke vejrfast. 3' Kvalitet (Statuario ravaccione), den almindeligste, er hvid med graa Pletter eller Aarer og indeholder Glimmer og Kvarts; den er uigenemskinnelig, temmelig vejrfast og bruges hovedsagelig i Arkitekturen.

Bardiglio eller *Bleu turquin* fra Carrara, Massa, Seravezza (Triasformationen) er lys eller mørk blaaliggraa, undertiden uden Tegning eller svagt skyet, undertiden med et fint Netværk af mørke Aarer, undertiden med kraftige hvide Aarer. Brugt i København til Illums Facade mod østergade (sammen

med *Blanc clair*). *Misehio di Seravezza* (Syd for Carrara), blaalighvid Marmor-Breccie.

Paonazzo di Carrara (paonazzo = violet), lyst elfenbensfarvet, med kraftige violet- eller grønsorte Aarer, højt skattet som dekorativt Marmor til Søjler og Vægbeklædning. *Paonazzo viola* med violette og brunsorte Aarer brydes i Massa, Syd for Carrara.

Portoro, sort tæt Kalksten med gule Aarer, kun brugbar indendørs. Navnet er formentlig en Forkortelse af »porta oro«. Brydes ved portovenere paa Spidsen af Halvøen, der omslutter Golfen ved Spezia, Vest for Carrara.

211. Italiensk Marmor fra andre Egne er dels ægte Marmor, dels tæt Kalksten. *Laas Marmor* fra Laas i det tidligere Syd-Tirol er hvidt og krystallinsk, ligner i Farve det antike Parosmarmor (§ 214). Det er lidt gennemsigtigt med Korn indtil 1,5 mm, gennemsnitlig 0,8 mm. Det opløses 35% stærkere af kulsyreholdigt Vand end pentelisk Marmor, men er iøvrigt vejrfast og meget brugt som Statuenarmor; en mindre hvid Kvalitet med blaalig Tegning ogsaa som Bygningssten.

Botticino er en lys, elfenbensfarvet tæt Kalksten, der brydes ved B. i Provinns Brescia. Brugt i København i 2 cm tykke Plader paa Hirschsprungs Museum sammen med Cotta Sandsten.

Trani er en lignende Sten, der brydes ved Byerne Trani og Andria i Egnen Puglia i det sydøstligste Italien. Dens gullige Farve, der skyldes Jærn, bliver mørkere med Aarene. I Danmark er den brugt indendørs enkelte Steder under Navnet *Travy-Stone*, nemlig til Fliser og Trappetrin, da den har Ord

for at være slidfast. *Giallo di Siena* fra Triasformationen brydes ved S. i Toscana. Findes i forskellige Varianter fra gullighvidt til stærkt gult med eller uden mørke Aarer; *Pavonazzo* eller *Paonazzo* ligner *Paonazzo di Carrara*

(§ 210). *Cipollino dorato*, guldgult Marmor med olivengrønne Pletter af Talk eller Glimmer. Fra Piernonte. *Cipollino Arni* og *Paonazzo Arni* og *Arni alto* (Toscana) er hvidgule med grønne, bølgeformede Aarer eller Baand. Eet af dem er brugt i København i Sparekassens Ekspeditionshal, Niels Hemming-

sens Gade 24. *Giallo nobile* og *Rosso di Verona*, der ofte betegnes *Gul* og *Rød Verona* er jærnholdige Kalkbreccier fra den øvre Jura; de brydes i San Ambrogio nær ved Gardasøen. De bestaar af en mørkere Grundmasse af lerholdig Kalk, hvori lysere, runde Knolde af ret ren Kalk er lejret. De er ikke egnede til udendørs Brug, da den lerholdige Grundmasse forvirrer ret let. I København er den gule Sten brugt til Vægbeklædning i Palacehotellens Marmorhave, den røde til Facadebeklædning østergade 16 og til et Baand paa

Hirschsprungs Museum. Haardhed § 54. *Stallatito seuro*, en Stalaktit (Kalksten, dannet som Loft i en Drypstenshule) af lys Mahognifarve. Plader udsavet vinkelret paa Lagene viser Bølgelinier, parallelt med Lagene skyformede Tegninger. Brydes nær Triest paa den istriske Halvø i Provinns Venezia. *Stallatito chiaro*, en kødfarvet Varietæt af den foregaaende, er i København brugt til Westerbys Facade paa Vesterbrogade.

Rosso di Levanto, rød tilleverbrun tæt Kalksten med Pletter eller Aarer af hvid, grøn eller violet Farve.

Brydes mellem Genova og Spezia. *Grøn Marmor*, der ligner *Finos* Marmor (§ 214), brydes i Piemonte (*Verde antico di Varollo, Verde delle Alpi, Verde Roia*) og Liguria (*Verde Framura, Verde del mare, Verde polcevera, Verde di Genova*).

212. Tjekoslovakisk Marmor. *Blane ivoir* eller *Blane de Jaroskov* fra L. (Bohmerwald) i Bøhmen. Elfenbensfarvet, krystallinsk, storkornet Marmor med meget svage Pletter eller Aarer af en noget mere

røddig eller brunlig Tone. *Blane de Vyskovec* eller *Bianco cristallino* fra V. i Bohmerwald. Krystallinsk, storkornet, graat med lidt grønligt Skær, stribet af mørkere Baand. Siges undertiden at minde om *Cipollino* i Udseende.

Gris de Loehkov fra L. ved Prag. Mørkegraat med graa og hvide Ortoceratitforsteninger. Fra Silur-

formationen. *Rouge antique* eller *Rouge de Slievenee* fra S. 10 km fra Prag. Rødt til brunrødt med svage eller kraftige, hvide Pletter eller Aarer. Er det mest almindelige Marmor i Bøhmen. Fra Devonperioden.

213. Jugoslavisk Marmor. *Lesina clair* fra Øen Lesina (Istrien) er en lidt porøs, men polerbar Kalksten, elfenbensfarvet med let røddig Tone. Brugt paa Facaden Østerbrogade 132. *Lesina gris* adskiller sig fra forannævnte ved gulgraa Farve og ved at indeholde talrige ormeagtige, mørke, graabrune

Fossilier. *Giallo del earso* eller *Gallokristo* fra Istrien er æggesøbefarvet, noget stribet, med store, klare Kalkspatkorn. Brugt paa Facaden Østerbrogade 132.

214. Græsk Marmor er som Regel ægte, og de stærkt farvede Sorter brydes nu i ret stor Udstrækning. *Paros Marmor* fra Øen Paros i Ægæerhavet er hvidt med store Korn (5/4-2 mm). Det var Oldtidens mest skattede Skulpturmarmor, men brydes ikke mere.

Pentelisk Marmor (Marmo greco fino) fra Bjærgtet Pentelikon ved Athen er mælkehvidt med svagt blaaligt eller gulligt Skær, meget finkornet, ikke stærkt gennemskinneligt. I Grundmassen, hvis Middeldkornstørrelse kun er 0,06 mm, findes indlejret større Korn (indtil 1,3 mm). Det opløses i ringere Grad

afkulsyreholdigt Vand end Carrara Marmor. Et Indhold af Jærnoksyd. Det penteliske Marmor var det mest brugte i Oldtidens græske Arkitektur og har staaet sig godt; dog kan det indeholde forvitrede Glimmerlag (Parthenonfrisen). Marmoret anvendtes ogsaa meget i det gamle Rom. Det moderne penteliske Marmor (Hymettos-Marmor) er finkornet, blaag raat og smukt farvet, og bruges end Oldtidens.

mmdre Omfang end Pentelisk Marmor og kun til talrigere Bygninger. *Rosso antico*, kirsebærrødt med sorte Aarer, bruges i det gamle Athen, men i i Oldtidens Rom. Brydes paa Øen Mani, i Nærheden af K. *Skyros Marmor* er gulligt med bredt Aarer af forskellig ap Matapan.

Tegning er brugt til Beklædning af to Piller i Palacehotellet Grillroom. En Sort med kraftig violet : *Cypollino* eller *Cipollino* Grand antique, *Carystum* eller *Græsk Cipollino*, Haardhed § 54.

1 mørkere grønt eller andre Farver, er brugt til Søjler i Christiansborg Troneal. *Tzono Marmor* eller *Verde antico* eller *Vert antique* bestaar af mørkegrøn Serpentin eller hvide Kalkspataarer. Det ligner det franske Vert des Alpes, men har mmdre kraftige Aarer og er

mere sammenhængende. Det indeholder lidt Svovlsulfid og Glimmer, men har mmdre kraftige Aarer og er i de fleste Aar er Brydningen genoptaget paa Øen Thos. København kan Stenen ses paa Breiningssøen, østergade.

215. Onyx Marmor er Kalksinter, hvorved man førstaaet kornet eller traadet, kompakt Aggregat, der er udslyt af fersk Vand (f. Eks. varme Kilder) i Form af Skorper. De er ofte gennemskinnelige, næsten klare og sribede i lyse Farver. De brydes i Algerier eller Drypsten. De er ofte gennemskinnelige i Tjekoslovakiet. Cheops pyramidens nederste Skift af Onyx Marmor, Egypten, Meksiko, Kalifornien og *Onyx dore*, en hvidliggul Kalksinter, der paa Grund af sin Farve og Tegning samt store Gennemskinnelighed allerede var berømt hos Romerne under Navn af Alabast, og som findes mellem Roms Ruiner. Brydes i Alger (Oran) og i Beni-Souef og i Egypten.

7. Kunstmarmor.

216. Kunstmarmor fremstilles h YPP i st f enten Gips eller Magnesiacement. Ogsaa af Portlandcement kan den fremstilles. Den er en er Brug af D h C.

vellykkede Efterligninger af poleret Marmor. De fleste Varer af denne Art faar dog i Tidens løb S d armor. De fleste Varer af denne Art faar L Vin revner.

Gipsmarmor er mindre varmeledende end det æ varmere ved Berøring, hvilket — eve t 1. gte Marmor og føles derfor kan tjene til at afgøre om Marmor er ægte eller e. G.

Væggene i Nationalbankens Banklokale om J. Ipsmarmor kan ses paa Det fremstilles af Støbegips udrørt i Limvand og tilsat forskellige Farvestoffer samt Yandglas. Man kan f. Eks. fremstille Klumper af Gips med noget forskellig Farvetone og Klumper besprøjtes mer eller mindre stærkt med Farve til Efterligning af forskellig Størrelse, og disse æltes alle Klumperne sammen til een Kasse der efterhænge af Marmorets Aare. Derpaa fast paa Væggens eller Søjlens Grovuds og glattes. Naar Massen er godt og udskæres i Skiver, som trykkes

haard sbes og poleres den ligesom ægte Marmor. Et billige Gips efter et Par Døgn Forløb er blevet Maade M som nedenfor beskrevet for Magnes. Igerer Ipsmarmor kan fremstilles paa samme Maade M amarmor.

Mørtlen af Magnesiacement fremstilles mer eller mindre marmorholdende Mørtelplader ved at udstøbe Mortlen i en flad Bække med blank Glasplade og uovermales eller Magnesiacement i en marmoragtig Tegning, der liden fter oversprøjes med farvet

ogsaa indblandes. Farvestofferne i denne Mørtel bestaar af kvartspulver med brændt Magnesia + Magnesiumopløsning som Bindemiddel. Efter et Døgn Hærdning afformes; Pladekanterne slibes skarpe Salte og eventuelt lakeret. fornøden ring bliver Synsfladen renset for udblomstrede

Stenemailler (Emaux lapidaires) fremstilles af Fabrikken »Le Jan« i Paris af et Kalciumsilicat, der blandes med Sand og Vand og udstøbes paa Glasplader, hvor Mørtlen er udsprøjet og meget haard Masse, der ikke revner og ikke mister Glans. Den hærder til en blank, 3-4 cm tyk og ovenpaa støbes Alcementmørtel saa ler fremkommer 2-4 cm tykke Maill. Plader, der bruges til Væg- og Facadebeklædning i Størrelser op til 100. 130 cm. Maill. Plader, der bruges til Væg- som uden Marmorering. Maill. Plader fremstilles i talrige Farver saavel med

Masa-Metoden er en Overfladebehandling, ved hvilken paatrykkes der, eller andet Stof, en marmoragtig Tegning og Farvning. Stoffet kan være Gl. Træ, Jærnbhk eller andet Metalblik. Det Marmor, der skal efterlignes, fotografere i sand Størfelse as. ved Jærnbhk eller andet Metalblik. Det Marmor, gengiver Tegningen. Klicheen lægges paa et B og indgives med paagældende en Kliche der ledes at kun Fordybningerne fyldes. En stor Trykvals ruller den farvepasta:saasig paa Valsen, og naar denne derefter rulles hse ru esd enFoljer Klicheen, hvorved Farven afsættes paa denne. en over en ade, der skal dekoreres, overføres

Metoden egner sig særlig til Dekorering af Gl. B. idet Glacet dels giver Glans, dels virker beskyttende. Andringes Trykket paa en Plade fast dagSlde, idet Glacet dels giver Glans, dels virker Paa ganske tilsvarende Maade kan der lades først e. maa den bagefter lakeres og poleres. I Møbel- og Bygningssnedkeriet fremstilles vellykkede Efterligninger af ædle Træsarter til Brug

4. Magniumrige Sten.

a. Talk, Talkskifer, Serpentin.

217. Talk er et vandholdigt Magniumsilikat, meget blød og fedtet at føle paa.

Den forekommer i visse Bjergarter som smaa Skæl, der ligner Glimmer, eller som Gange med grov-bladet Struktur, saaledes i Marmor (§ 204); brydes f. Eks. i Falun. Haardhed: 1 (større efter Glødnng), se ogsaa § 54. Vægtfylde: 2,7-2,8. Smeltepunkt § 52.

Fedtsten kalder man Talk, naar denne forekommer i tætte Masser. Den er hvid eller lysegrøn; Skrædderne bruger den til at tegne paa Tøj med. Den angribes ikke af svage Syrer og taaler høje Temperaturer, hvorfor den bruges til Gasbrændere.

Brydes ved Briancon i Frankrig og ved Gopfersgrun i Nærheden af Wunsiedell i Fichtelgebirge. Nærselsens menes at stamme fra hedt Vands Indvirkning paa ældre Bjergarter. (Granit, Dolomit m. fl.). Den kemiske Sammensætning ligger mellem 3MgO , $4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ og 4MgO , $5\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Ved $800-1000^\circ$ afgiver Fedtstenen Vandet og bliver haard og sprød, saa den ikke kan tildannes. Smeltepunktet ligger ved $1300-1500^\circ$, eftersom den er mere eller mindre jærnholdig. Varmekapaciteten er stor (§ 45). Varmeudvideise § 49. Stenen er stærkt lydabsorberende.

Steatit er det samme som Fedtsten, men Navnet bruges ogsaa som Betegnelse for et Kunstprodukt fremstillet af Affaldet fra Fedtstensbrydningen. Affaldet blandes med et keramisk Bindemiddel (10-15%), males, formes ved Tørpresning og brændes ved Segerkegle 14-16; undertiden glaseres. Materialet har Vægtfylde 2,8, Rumvægt 2,4-2,7, Porøsitet 4-13%, men suger ikke Vand; $S = 6500-8600$, $S^t = 300$, $Sb = 700-1000$, $Sv = 500$ at, $E^c = 1000000$ at; Varmeudvidelsen er 0,8 mm pr. 100° m pr. Grad, Varmeledningsevne $\lambda = 1,2-2,4$.

Steatitplader bruges til For i Kedler, i hvilke der koges basiske Opløsninger, og til syre aste Dyser, der kan fremstilles med 0,1 mm Huller nøjagtige paa $\pm 0,01$ mm. Materialet har Ord for at overgå Stentøj og Porcelæn i Syre- og navnlig Basefasthed. Det tæres kun af Flusssyre og varm Fosforsyre. Det presses ogsaa til elektriske Isolatorer, men dets store Varmeudvidelse (§ 45) er en Ulempe.

Talkum er pulveriseret Fedtsten. Det bruges som Smøremiddel for Maskindele af Træ.

Det bruges ogsaa til Smøring af Staal og da enten blandet i Smøreløien eller i Vand. Den vandige Opslæmning hindrer Rustedannelse (T.F.T. 1916, S. 129). Endvidere bruges Talkum til brandhæmmende Maling (Byggematerialer II, 1922, § 83). Til Indblanding i Beton sælges det under Navnet Mikroasbest (Jærnbeton 1931, § 770). Se ogsaa § 220.

218. Talkskifer er ell krystallinsk Skifer (§ 4), hvis Hovedbestanddel er Talk, men som ogsaa indeholder noget Feldspat og Kvarts. Den er vejr- og ildfast og har en ringe Varmeledningsevne, hvorfor den kan bruges til Ildsteder. Haardhed: 1-2, Vægt: $2800-3000 \text{ kg/m}^3$.

Klæbersten (eller Vegsten) er en lysegrøn eller mørkegrøn, tæt, skællet Talkskifer, der navnlig bestaar af Talk og Klorit²⁾. Den optager næsten intet Vand og er overordentlig vejrfast (se dog § 103). Den er en af de Sten, der bedst egner sig til fine Bygningsornamenter, da den paa Grund af sm Blødhed og Sejghed kan udarbejdes i de fineste Detailler. Slaar man paa den med en Hammer, giver den ingen Klang, men tager Mærke af Hammerslaget; den ridses let med Neglen og kari skæres med en Haandsav med smaa Tænder, men da den ikke kan flækkes, er den vanskelig at bryde og ret dyr. Shdfastheden er ringe (§ 61).

Den er mere ildfast end de fleste Natursten og bruges i stor Udstrækning til Kaminer, Ovne og Gryder (§ 52).

Til disse Anvendelser foretrækkes middelhaarde Sten uden Kvartsaarer; de blødere, som indeholder mere Talk har en større Varmekapacitet, men brækker for let under Tildannelsen.

Savsmul fra Klæbersten kan fugtes med en Opløsning af Natriumsilikat og presses til Sten brugelige i visse Ovne.

Grønlandsk Klæbersten bruges navnlig til LamperS). Godthaab Vegstens Slidfasthed er omtait § 61.

- 1) Undertiden lyseblaa med hvide Aarer (Gudbrandsdalen i Norge).
- 2) Som Regel indeholder den ogsaa Kalkspat, Kvarts og SvovlikS).
- 3) Norges geologiske Undersøgelse Nr. 10, S. 100.

Norsk Klæbersten er en Del brugt i Danmark til arkitektoniske Forsiringer, f. Eks. til Dørindfatninger indvendig i Københavns Raadhus og til Kapitæler i Jesuskirken i Valby. Trondhjems Domkirke er hovedsagelig bygget af Klæbersten. Som Resultat af 10 Knusningsforsøg fandtes $S_c = 415-582$ at, i Middeltal 477 at, men da Stenen er meget ensartet, tillader Bygningsautoriteterne i Oslo, at den belastes med 50 at. Af de norske Sten er Mysen Klæbersten blødere end Otta Klæbersten, og da den tillige er smukkere, foretrækkes den gerne til Facader og andre Partier, der ikke er udsatte for Overlast, mens Ottastenen bruges til Dørindfatninger og paa lignende udsatte Steder.

Svensk Klæbersten brydes ved Ed, syd for Frederikshald og ved Handol i Jamtland. Den sidste bruges navnlig til Husgeraad og Gravmonumenter. Finsk Klæbersten fra Juuka er brugt i Glyptoteket. Den er mørk grøngraa, haardere end den norske og mere ensartet i Struktur og Farve, derfor kedeligere at se paa.

219. Serpentin. Mineralet Serpentin er et vandholdigt Magniumsilikat dannet ved Omkrystallisering. Bjergarten Serpentin bestaar overvejende af dette Mineral, men har iøvrigt en meget vekslende Sammensætning. Ved kemisk Analyse findes 30-47% MgO og 40-44% SiO₂ og indtil 13% H₂O.

Serpentin har finkornet eller tæt Struktur og muslet eller splintet Brud; Den er svagt fedtet at føle paa og har Fedtglans. Farven er mørkegrøn, men ofte er der rødlige, brune og hvide Pletter eller Aarer i den, saa den kommer til at ligne en plettet Slangehud (serpens = Slange). Undertiden er den gennemtrukket med Asbestaarer eller Kalkaarer (§ 1).

Vejrfastbeden er mangelfuld; skønt Vandoptagelsen kun er ca. 0,6%, egner Stenen sig ikke til udendørs Brug, da Polituren regner af, og Farverne bleges; dog siges Serpentin fra underjordiske Brud at staa sig bedre end Marmor. Vægten er 2700-2800 kg/m³. Brandsikkerbeden er ret god (§ 51) og Ildfastheden saa stor, at Stenen kan bruges til Smeltedigler (§ 52). Varmeledning § 45-6. Styrken er ofte større end Marmors. Trykstyrken kan gennemsnitlig sættes til 750 at; Slagstyrke § 90. Træk og Bøjning § 87-8. Haardbeden paavirkes stærkt af Vandindholdet. Naar Stenen kommer ud af Bruddet, er den blød (2,5), men efterhaanden som den tørrer, bliver den haardere (3-4); ved Opvarmning bliver den særlig haard. Den adskiller sig fra alle, der ligner den, ved at kunne skræbes med en Kniv. Mens den endnu er blød, kan den saves og drejes, og i haard Tilstand kan den poleres. Kugletrykhaardhed § 54. Slidfastheden er som Marmors (§ 60).

Den bruges i Husbygningen til indvendig Udsmykning (Balustrer, Søjler, Vægbeklædninger, Kaminer) og i Kunstindustrien (Vaser, Døbefonter, Lampefodder). Endvidere i Elektrotekniken, da den er en god Isolator. Den brydes i Rødø nær Bergen samt i stor Udstrækning i Sachsen (se T.F.T. 1916, S. 110).

Merskum er et Omdannelsesprodukt (Magniumhydrosilikat) af Serpentin; det findes i Lilleasien.

b. Asbest.

α. Egenskaber og Arter.

220. Asbest er et Mineral, der er udkrystalliseret i silkefine Fibre. Det findes som Aarer eller Gange i Bjergarter af lignende kemisk Sammensætning (Serpentin eller Hornblende, § 16), og da Fibrene forløber vinkelret paa Gangens Retning, bestemmes deres Længde af Gangtykkelsen, der ofte kun er faa cm, rent undtagelsesvis op til 15 cm. Farven veksler, men er hyppig hvidgraa. Asbesten kan let sønderdeles i sine Fibre, og er disse tilstrækkeligt lange, bøjelige og trækstærke, kan de spindes og væves, medens tarveligere Kvaliteter bruges som en løs Uld eller sammenkittet med et Bindemiddel. Disse Produkter er brandsikre og leder saavel Varme som Elektricitet daarligt.

Navnet er afledet af det græske *asbestos* (= uforbrændelig).

Serpentinasbest (Crysotilasbest) kommer navnlig fra Kanada, men ogsaa fra Sibirien, Cypern, Australien og Rhodesia, og er den mest brugte. Sammensætning: 38-44% SiO₂ 35-44% MgO, 2-11% Fe₂O₃ + Al₂O₃ 11-18% H₂O. Haardhed: 3-4. Vægtfylde: 2,3-2,8. Fibrenes Trækstyrke kan være indtil 9000 at.

Forholdet mellem dens Indhold af Syre og Base ligger oftest omkring 1:1, derfor taaler den Alkalier, men ikke Syre. I Arizona, Australien og Afrika brydes Asbest, der er fri for Magnetjærnsten (Fe₂O₄), og som bruges til Isolering af Elektricitetsledninger.

Dens Brandsikkerhed beror paa dens store Indhold af MgO og Krystalvand og paa dens høje Smeltepunkt (1550°); da den desuden er fin- og langfibret, bruges den til brandsikkert Væv. Endvidere bruges den til Asbestfarver. Dens Krystalvand (gennemsnitlig 14%) begynder saa smaat at forsvinde ved 300° ved 600° er ca. Halvdelen uddrevet, og ved ca. 700° er alt uddrevet (§ 222), og Fibrene er da saa skøre: at de let pulveriseres. Selv det bedste Asbestvæv taaler ikke i Længden Temperaturer over 500°. Varmevidlen er 0,2.

Hornblendearbest, der brydes i Italien og Syd-Afrika (blaa og gul), indeholder 46-58% SiO₂ 32-47% Fe₂O₃ + Al₂O₃ 6% MgO, 2-4% H₂O. Haardhed: 5,5-6. Vægtfylde: 2,9-3.

Forholdet mellem dens Indhold af Syre og Base ligger oftest omkring 3:2, derfor taaler den Syre, men ikke Alkalier. Den bruges som Filtermateriale ved Filtrering af sure Stoffer og til Foring af Jærnkær,

ved hvilken sidste Anvendelse man gør den vandtæt ved Imprægnering med Paraffin. Den blaa er mest syrefast, taber højst 20% i Vægt, naar den koges i stærk Saltsyre. Dens Brandsikkerhed er mindre end Serpentinastbestens, da den indeholder mindre MgO og Krystalvand (§ 222) og har et lavere Smeltepunkt (1150): Temperatur. 200° 350° 450°
 Mindst brandsikker er den blaa-Asbest, fordi Jærnet i Hornblendeasbestens Krystalvand begynder allerede at fordampe ved 200° og er helt uddrevet ved ca. 450°. Ved 3 Timers opvarmning af Asbestvæv til forskellige Styrer og til forskellige Varer, der udsættes for Temperaturer over 300° bør derfor udelukkende bestaa af Serpentinastbest.

Hornblendeasbestens Fibre er iøvrigt oftest for grove og korte, så at kunne spindes, men er et godt Vanneisoleringsmateriale til at stoppe i Madrasser og Hulrum, da Sammenfykkeligheden er forholdsvis ringe; de bør dog kun bruges ved Temperaturer lavere end 300°. Endvidere anvendes de til Asbest-cement.

Mikroasbest eller **Asbestine** kaldes man en meget kortfibreret, europæisk Asbest, hvis Hovedbestanddel er et Magnium-Kalcium-Silikat. Den bruges formentlig kun i Pulverform. Ogsaa anden pulveriseret Asbest og Talkum (§ 217) kaldes Mikroasbest (§ 221).

β. Uforarbejdet Asbest.

221. Asbestfibreneres Værdi vokser med deres Længde. Langfibreret Asbest sælges ofte i sammenhængende Stykker (crude fibers), der trevles op paa Kollergang af Køberen, medens kortfibreret Asbest sælges som en optrevlet og sammenkrøllet eller fnugget Uld (mill fibers).

Efter at Klippen er sønderdelt med Sprængstoff mles de langfibrede Stykker sammen, ved følgende Serpentin slaas af med Haandværktøj, hvorefter Stykkerne sorteres efter Fiberlængde og forsendes i Sække. Undertiden sælges de under Betegnelserne Nr. 1 (>25 mm) og Nr. 2 (<25 mm). Resten af den sprængte Klippe knuses, hvorefter Asbesten sigtes fra og sælges som mill fibers. Disse klassificeres i Kanada ved en Sigteprøve med 1 pound (= 16 ounces), der sigtes paa 1-raat og sigter med Lysvidde 11 og 4,8 og 2,0 mm; er de tre Sigter henholdsvis 2, 8 og 4 ounces, medens den fineste Sigte, betegnes area: 2-8-4-2. Kun daarligt Tekstil fremstilles udelukkende af mill fibers. Se ogsaa § 225.

I det følgende er der skelnet mellem Asbestfibre (mer eller mindre lange), Asbestfnug (korte Fibre) og Asbestmel.

Asbestfibre (Asbestuld) bruges i løs eller i sammenvævet eller i sammenkittet Tilstand hvor man har Brug for et brandsikkert Materiale, der desuden er blødt eller isolerende overfor Varme, Lyd eller Elektricitet. En del af Asbestfibre i Cement, Varmeisoleringsmasser og visse Arter af Maling, som der ved opnaar et forøget Sammenhæng. Asbestfibre bruges ogsaa til Pakning af

Haner.	Ok j/m ³ , naar	10 kgjm ³	λ
Vægten afhænger af Lejringsstæthed og kan f. Eks. være 38 g/m ³ , H		383	0,10
Fibre fyldes saa løst som muligt i et Kar, og 700 kg/m ³ , naar man med ren		702	0,21
derne stopper dem saa tæt sammen som muligt.			
Varmeledningsevnen vokser med Lejringsstæthed og Temperaturen som	O	576	0,13
hosstaaende Tabel viser.			
Asbestfibre indføres til Danmark fra Kanada (hvide og gule) og fra Cypern, hvor der findes et Brud paa danske Hænder. I Grønland findes en noget grov Asbest, som Grønlænderne tidligere brugte til Lampevæger.			
		100	» 0,17
		200	» 0,18
		600	» 0,20

Asbestfnug er meget korte Asbestfibre. De koster kun 1/3-1/4 af Asbestfibre, og bruges derfor undertiden til at blande i Kiselgur-Varmeisoleringsmasser, men som Regel med daarligt Resultat, da de mangler de lange Fibres sammenbindende Evne.

Asbestmel (Mikroasbest) bruges til Indblanding i Beton (§ 217) og i hærrende Maling (*Byggematerialer II*, 1922, § 81-83).

γ. Asbestholdige Varer.

222. Af Varer, der indeholder Asbest, skal omtales (1) Tekstilvarer, (2) Asbestpap, (3) Asbestholdig Asfalt, (4) Asbestholdige Mørtler.

Tekstilvarer, der helt eller delvis bestaar af Asbest, er mere eller mindre uforbrændelige. Hvis Styrken af den rene Asbest er utilstrækkelig, indblandes Bomuld, Silke eller Messingtraad.

Asbestgarn spindes af Asbestfibre, men der indblandes noget Bomuld for at styrke. Det bruges til Omspinding af elektriske Ledninger samt til Snore og Væv. Bomuldsindholdet kan bestemmes ved Bortbrænding af det. Bærelængden (se nedenfor) bør for ren Asbest være ca. 1,5 km, for handelsren ca. 2-3 km.

Asbestsnore flettes af Asbestgarn eller væves hule og fyldes med Asbestfibre. De bruges dels til at vikle om Damprør dels til Pakninger og har da undertiden Indlæg af Gummi eller Bly.

Asbestvæv væves af Asbestgarn undertiden med indføjet Messingtraad. Det bruges til Teaterdekorationer, der skal være brandsikre, til Handsker og Klæder for Brandfolk og Elektroteknikere samt til Bremsebaand paa Automobile. Imprægneret med Gummi bruges det til Kedeldørs- og Mandehulspakninger.

Asbestmadrasser fremstilles af Asbestvæv og stoppes med Asbestfibre; de bruges til Beklædning af Dampkedler. Vægt: 350 kg/m³; Varmeledningstal: λ = 0,04.

Syrefaste Varer bør fremstilles af Hornblendeasbest, der udsat for 24 Timers Indvirkning af kold Saltsyre (25% HCl) højst taber 5% i Vægt.

Alkalifaste Varer bør fremstilles af Serpentinastbest. Elektroisolerende Varer bør fremstilles af Asbest, der er saa godt som fri for metallisk Jærn; dette optræder gerne som smaa Skæl. Asbestomspundne Modstandstraade af Nikkel og Nikkellegeringer kan tæres, fordi Asbesten indeholder smaa Pyritkrystaller og opløselige Salte, der under Indflydelse af Luftens Fugt danner Sulfater.

Ildfaste Varer bør saavidt muligt bestaa af ren Asbest uden iblandet Bomuld eller Silke. Spundne eller vævede Varer bør højst miste 20% i Bærelængde ved 6 Timers Opvarmning til 300°. Asbestpap maa ved længere Tids Glødning ikke af sig selv henfalde i Pulverform, men skal bevare sin fibrede Struktur.

Renhed. Garn, Snore og Væv af ren Asbest vil ved Opvarmning fra 105° til ca. 950° ikke tabe mere, i Vægt end svarende til det bortgaede Krystalvand, der kan regnes at være højst 16% for Serpentinastbest og højst 8% for Hornblendeasbest (§ 220). For Varer indeholdende Bomuld kan man foreskrive et maksimalt Vægttab svarende til den ønskede Renhed.

Bærelængde. Styrken af de nævnte Varer bestemmes ved Trækforsøg, men ligesom for Papir og Tøj udregnes Trækstyrken ikke pr. cm², da Tykkelsen af saa bløde og tynde Stoffer ikke kan maales eentydigt. Vejer Prøvestrimlen g/gm, og er dens Brudlast P g, vil Størrelsen $L = P : g$ udtrykke den Længde, som en frit hængende Strimmel af Stoffet kan have, uden at dens Vægt foranlediger Brud ved den øvre Ende, og denne Længde bruges som Maal for Kvaliteten. Den ses at være proportional med $st : \gamma$.

223. Asbestpap bestaar af Asbest, der er malet i Hollænder og sammenkittet med Vandglas, og bruges navnlig til Isolering af Varmerør, til Pakninger for Damprør og Stoppebøsninger og til Beskyttelse af Træ mod Ild. Megen Asbest og lidet Bindemiddel giver den bedste Vare.

Garanteret ren Asbestpap indeholder 97-98% Asbest og 2-3% Bindemiddel. God Asbestpap, indeholder mindst 90% Asbestfibre, men man kan træffe Papir med kun 70%; Resten er da Kaolin m. m. Imiteret Asbestpap fremstilles af Træslib og andre Fyldstoffer og indeholder kun 25-40% Asbest.

Kvaliteten kan bedømmes ved Bærelængden. Vægten pr. m² er ca. 1,2 kg pr. 1 mm Tykkelse; Varmeledningstal: λ = 0,053; Tykkelse: 1-10 mm; Pladestørrelse: 0,8·1 m².

Til Isolering af Varmerør bør bruges Pap vejende 1,1-1,3 kg/m² pr. mm Tykkelse, indeholdende mindst 90% Asbestfibre og uden mere Bindemiddel end højst nødvendigt. Se ogsaa *Byggematerialer II* 1922, § 440. Brandisolering med Asbestpap er omtalt s. S., § 81. Under Tagpap lægges undertiden 2 mm Asbestpap for at øge Brandsikkerheden. Brandforsøg med Trædøre beklædte med 3 mm Asbestpap og Jærnblik viste i Henhold til den svenske Statsprøveanstalts Meddelelse 57 (Schlyter & Møller) en meget ringe Modstandsevne. Varmeudstrålingssevne og Lydisolering er omtalt s. S. § 480 og 524.

Asbestkarton (Asbestwood) er en billig asbestholdig Pap, der sømmes paa Træskures Indervægge. Varmeledningstal: λ = 0,067; Maal: 1000·800·4 mm; Vægt: 1000 kgjm³.

Flangepakninger af Asbest fremstilles af tynd, fast, mer eller mindre bøjelig Pap. De bruges til Damprør samt i særlige Udførelser til Olierør. Et specielt Fabrikat af denne Art er Klingerit.

Til Statsbanernes Lokomotiver forlanges: Alle Flanger pakkes med 1 mm Asbestplade, der maa udkæres i eet Stykke efter Flangens Form. Pakningerne udblødes før Anbringelsen ca. 10 Minutter i Linoliefernis, hvorefter de paa begge Sider indgives med Grafit. Asbestpappen skal efter at være tørret ved 100° C have en Bærelængde af 600 m saavel i Længde- som Tværetningen.

Hanebøsninger af presset Asbest indsættes som For i Hanehuse. De kan efterspændes, saa Utætheder undgaas.

Ondulium-Asbestpap bestaar af sammenklæbde Lag af afvekslende plant Papir og smaabølget Asbestpap. Luften mellem Bølgerne varmeisolerer. Bruges navnlig til Rørisolering.

Asfalt-Asbestpap bestaaende af flere Lag Asbestpap imprægnerede og sammenkittede med Asfalt bruges i Amerika som Tagpap med eller uden knust Skifer indpresset i Synsfladen. Saadan Pap udskæres ogsaa i Form af Tagskiferplader og bruges som saadanne. Jærnblik overtrukket med et enkelt Lag Asfalt-Asbestpap og yderligere asfalteret bruges som Bølgeblik og plant Tagblik og formes til Tagrender m. m.

224. Asbestholdig Asfalt bruges i flydende eller plastisk Form til Bestrygning af Flader, der skal være vandtætte eller skal beskyttes mod kemiske Angreb.

Asbesten medfører, at Asfalten kan paastryges i tykkere Lag, at den mindre let revner i Kulde og mindre let flyder af i Varme.

Den anvendte Bitumen bør indeholde mindst 25% Asfaltener, mindst 2% Svovl, ingen Tjære og højst 10% Paraffin. Ved Opløsning i Svovlkulstof eller Kloroform maa der højst blive 1% til Rest. Bitumenerne skal være modstandsdygtig mod kemiske Paavirkninger og Ikke sprød. Stivningspunktet bør ligge lavere end -25° C, og Smeltepunktet bestemt ved Kugle-Ring-Metoden kan efter Omstændighederne fastsættes til 55-850. De danske Statsbaner stiller ovennævnte Krav til deres Strygermidler af denne Art, som efter Konsistensen kan inddeles i:

(1) Tyndtflydende Midler uden Asbest; de skal indeholde 30-50% Bitumen med Smeltepunkt 55-700 og være fri for Bundfald og Klumper. Tørringstid for en Strygning: ca. 3 Timer.

(2) Tyktflydende Midler, som skal indeholde 50-60% færdig oksyderet Bitumen med Smeltepunkt 60-850. Penetration ved 250: 50-160, Duktilitet ved -150: \geq 2 cm samt 5-10% Asbest. De skal være fri for Bundfald og Klumper. Tørringstid for en Strygning: ca. 12 Timer.

(3) Plastiske Midler, som skal indeholde 50-70% Bitumen af den under (2) nævnte Kvalitet og 15-25% Asbest. Massen skal være ensartet med Konsistens som blødt Smørs og maa Ikke lagdele sig ved Henstand. Tørringstid for et 2 mm tykt Lag: ca. 72 Timer.

Perco er Asfaltopløsninger uden og med Asbestfibre. De er fremstillede i Overensstemmelse med ovennævnte Krav og bruges dels til at gøre Beton og Murværk vandtæt, dels til at beskytte Jærn og Zink mod atmosfæriske Paavirkninger.

Bitumonas og Bitumonas A er en Asfalemulsion henholdsvis uden og med Asbestfibre. Man grunder med Bitumonas, trykker Stout (svært, groft Bomuldslærred) ned i Laget og stryger atter med Bitumonas. Efter Tørring paaspartles Bitumonas A.

Thornitb og Evertigtb indeholder Asbestfibre og koldt flydende Asfalt. De bruges paa samme Maade som Perco og paastryges i et 2 mm tykt Lag. Dursit og Bitusal er lignende Produkter.

Masticon er et engelsk Produkt bestaaende af 64-73% Vertikalovnstjære og 36-27% Asbest. Tjæren indeholder ca. 2% Naftalin og ca. 3% Fenoler. Asbesten er kortfibrer, til Dels pulverformet. Det bruges til Udbedring af alle Slags utætte Tage og til Kitning af Glastage. Flexolac er flydende Masticon, der stryges med Pensel paa Jærn, Zink og alle Slags porøse Flader. Hasolit er en dansk Efterligning af Masticon.

225. Asbestholdige Mørtler fremstilles med Portlandcement eller Magnesiacement som Bindemiddel. Asbestfibre skal dels virke som en Armering, dels som et Magringsmiddel, der i Modsætning til Plantefibre ikke svulmer og svinder, naar Omgivelsernes Fugtighedsgrad veksler, og som taaler høje Temperaturer.

Asbestcement er en Mørtel fremstillet af Asbestfibre og Portlandcement (*Jærnbeton* 1931, § 57). Om Svulmning i Vand se § 104.

Asbestskifer er mel' eller mindre tynde Plader pressede af Asbestcement (*Byggematerialer* II, 1922, § 475, 524; IV, 1911, § 1263).

Til Asbestskifer er Asbestens kemiske Sammensætning af underordnet Betydning, maaske dog ikke m. H. t. Brandsikkerhed (§ 220) - og heller ikke Fiberlængden stilles der store Krav til, maaske tilfreds, naar den varierer fra 15 mm ned til ca. 1 mm. De fra Minerne kommende Fibre sonderdeles yderligere paa Asbestcementvare-Fabriken, hvorved Formaålet er at faa dem plukket fra hinanden, uden at de knækker; at Fibrene ikke bliver for korte, overbeviser man sig om ved Signeprøver; om Fibrene har den fornødne Trækstyrke undersøger man ved Bøjningsforsøg med de færdige Cementvarer. I Danmark bruges Asbest fra Rhodesia, Kånada og Cypren; i Sverige ogsaa fra Rusland.

Magnesiàmørtler med Asbest (Linotol o. lign.) bruges navnlig som Slidlag paa Gulve (*Byggematerialer* IV, 1911, § 1235), men ogsaa til Isolering af Varme-rør (§ 226).

Tue-TEX er en amerikansk Asfalt-Asbest-Gulvflise, der fremstilles i talrige Farver og Mønstre, 3-4,5 mm tyk. Den er meget slidfast, ret lydsvag, skal kun vadskes, ikke paa nogen Maade vedligeholdes, og bliver blankere med Alderen.

Sprøjteasbest eller Limpet Asbestos er Asbestfibre blandet med et Bindemiddel. Massen sprøjtes paa den Flade, der skal varmeisoleres, og danner et 2-2½ cm tykt Lag, blødt som en Gummisvamp; Overfladen males. Til Vægten 99 kg/m³ svarer $\lambda = 0,04$. Massen er ogsaa stærkt lydabsorberende, og Absorbtionen er nogenlunde ens for Tonehøjder mellem 500 og 4000 Hz.

5. Diatollejord.

a. Egenskaber og Brugsmaade.

226. Diatomekisel er en meget let og løs Masse, der bestaar af mikroskopiske Kiselhylstre af de saakaldte Diatomeer eller Kiselalger (Fig. 226).

Diatomejord eller Kiselgur kaldes de mere eller mindre forurenedede Aflejringer af disse Skaller. Det forældede Navn Infusoriejord stammer fra, at man tidligere regnede de nævnte Væsner til Infusionsdyrene.

Den rene Diatomekisel sammen-

SiO ₂	45,0-95,0%	sat som Opal
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0,2- 8,0 -	(§ 21), men
CaO + MgO	0,1-17,0 -	
K ₂ O + Na ₂ O	0,0- 5,0 -	
Vand og organ.	4,0-25,0 -	

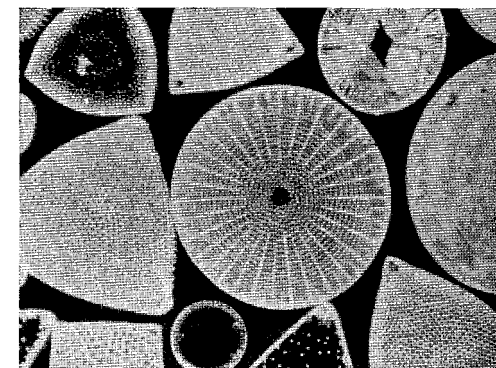


Fig. 226. Kiselalge-Skaller. Forstørrede 90 Gange.

de naturlige Forekomsters Sammensætning kan variere indenfor hosstaaende Grænser.

Naar Diatomejorden pulveriseres, faas et meget fint Pulver bestaaende af porøse Korn og derfor som Helhed meget porøst og let, hvilket i Forbindelse med dets kemiske Modstandsevne - Kiselen angribes kun af Flusssyre og Natriumkarbonat - gør det egnet til mange Anvendelser: Varmeisolering, Filtermateriale m. m.

Varmeledningsevnen er meget ringe, og Diatomejorden bruges derfor til Isolering af Kedler og Rør, der fører Damp eller varmt Vand.

Til denne Brug bør Diatomejorden være glødet (kalcineret), for at den ikke senere skal udvikle Vanddamp. Dens Isoleringsevne er størst, naar den fortrinsvis bestaar af hele Skaller; er Mellemrummene mellem disse fyldte med Maaastumper, bliver Massen tættere, tungere og mindre isolerende. Paa samme Maade Virker de fleste Forureninger, og man bedømmer derfor Kvaliteten efter Litervægten samt undersøger med Mikroskop, om Skallerne er hele.

Litervægten bestemt med Bohmes Apparat (§ 350) efter Tørring ved 115-120° bør højst være 180 g. For de af Statsprøveanstalten undersøgte Sorter laa Vandindholdet mellem 2 og 12%; Litervægten i Indlevningstilstanden var 102-347 g og tørret ved 115-120°: 93-454 g (*Ing.* 1909, S.311 og *Statsprøveanstaltens Beretning* 1911-12).

Tidligere bestemtes Mængden af opløselig Kiselsyre (SiO₂) ved at behandle ca. ½ g af Pulveret paa Vandbad i 2 Gange 3 Timer, hver Gang med ca. 150 cm³ 5-procentig Na₂CO₃; men der er ingen Forbindelse mellem den paagældende Størrelse og Litervægten.

Undertiden forfalskes Varen ved Iblanding af Mel, hvilket viser sig under Mikroskopet naar man tilsætter Jod, der farver Stivelsekornene blaa.

Varmeledningsevnen hos Kiselgur vejende 350 kg/m³ stiger fra 0,052 ved 0° til 0,078 ved 300° (*Byggematerialer* II, 1922, § 476). Om Pulverets Lufttæthed se § 29.

Varmeisoleringsmørtler. Da det løse Pulver let falder sammen, bruges hyppigst Mørtler fremstillede ved at blande Diatomejorden med et Bindemiddel samt undertiden med indtil 33 Vægtprocent Asbestfibre. Se ogsaa § 228,2. Diatomejorden bør tilfredsstille de ovenfor nævnte Fordringer. Asbesten ned-sætter Isoleringsevnen; den skal Virke som en Armering og bør derfor være langfibrer. Saadanne Isoleringrnasser vejer ofte 200 g/l i løs Tilstand. Se ogsaa § 225. Naar Bindemidlet er Magnesiacement, bør Indholdet af Asbestfibre mindst være 15% og Rumvægten i Pulverform højst 260 g/l.

Man ælter Massen med Vand og lader den staa i nogle Timer, saa at Bindemidlet bliver godt opløst, derpaa lægges den paa Rørene, bedst i flere Lag, 1-2 cm tykke, der hvert især faar Lov at tørre inden det næste paaføres; sluttelig jævnes Overfladen og bevikles med Kløtzel (ubleget Hampelærred) eller Hørlærred, der stryges med Klister og males. Til 1 kg Masse medgaar f. Eks. 2,6 kg Vand. Den paaagte Mørtel bør efter Udtørring Ikke veje over 500 g/l; undertiden træffer man Værdier op til 700.

Varmeledningsevnen kan f. Eks. være 0,06 ved 0°, 0,07 ved 100° og 0,082 ved 400°. For ren Kiselgur udrørt med Vand og tørret (Vægt 580 kg/m³) fandtes 0,068 ved 0° og 0,123 ved 350° (*Byggematerialer* II, 1922, § 475 og 498).

Andre Anvendelser af Diatomejord er nævnt nedenfor.

Som Filtermateriale bruges Pulveret i mange kemiske Industrier. Som Fyldemateriale blandes

det i flydende eller plastiske Stoffer, f. Eks. Kautsjuk, som man vil give en fastere Konsistens. Det blandes i Seglak for at hindre en for hurtig Afdrypning og i Beton for at hindre Vandet i at skille sig fra (*Jærnbeton* 1931, § 119, *Betong* 1933, S. 147). Se ogsaa *Byggematerialer* II, 1922, § 241. Som Polere- og Pudsemiddel bruges det til Metal, Glas, Tænder, Negle m. m. Som Indlæg i Trægulve bruges det i Stedet for Ler (s. S. § 382), men Lydisoleringsevnen er ringere. Brændte Kiselgursten er meget varmeisolerende (s. S. § 474 og 522).

b. Diatomejordsforekomster.

227. Mo er en jydsk Ferskvandsaflejring indeholdende 75-87 % SiO₂. Det er et fortrinligt Varmeisoleringsmateriale.

Det bruges ogsaa til Filtre, Tændstikæskers Strygeflader, til Erstatning for Ler i Trægulve og som Polermiddel og Pudder.

Mo er dannet mellem 2' og 3' Istid; det graves ved Hollerup nær Langaa vest for Randers. Nogle Lag er meget rene, andre maa slæmmes; Lag med organisk Indhold oplægges i Miler, der antændes. En Del forekommer som Klumper, en Del som Smul, der da sammenæltes til Blokke, der sammen med Klumperne lufttørres i fri Luft i Reoler og derefter males. Farven varierer fra lysegul til brun. Stoffet leveres sandfrit, lufttørt eller glødet (kalcineret) med Litervægte fra 100 til 300 g. Et lignende Stof graves nu ogsaa paa Horsenseggen ved Egebjerg Skovgaard.

Tysk Kiselgur fra Liineburghedebredten ogsaa i Danmark til Varmeisolering. Den leveres raa (grøngraa) eller glødet (rosafarvet); begge Sorter angives at veje 194 g/l. Den bruges ogsaa til Indskudslag i Etageadskillelser og regnes da at veje 200 kg/m³.

Trippelse eller Polerskifer er en fastere Form for Diatomejord; efter Pulverisering bruges den som Pudsemiddel. Den forekommer paa Trelleås ved Vejlefyord, men kun i ringe Mængde.

Moler er en jydsk Saltvandsaflejring indeholdende mindre Kiselsyre og mere Ler end Mo. Det er i tør Tilstand lysegult og langt lettere end almindeligt Ler. Under Mikroskopet kan man straks kende det paa de smaa, regelmæssige Skaller i Modsætning til almindeligt Lers uregelmæssige Korn og Fnug. En stor Del af Kiselsyren er opløselig, hvilket forstenede Træstammer, fundne i Moleret, vidner om.

Moler er dannet i Tertiærtiden. Det forekommer i stor Mængde paa Mors og Fur og langs Limfjordens nordlige Kyster f. Eks. syd for Thisted. Det indeholder Lag af sort, vulkansk, glasagtig Aske stammende fra fortidige Vulkaner i Skagerak.

Molerets kemiske Sammensætning efter Fjernelse af hygroskopisk Vand er efter foreliggende Analyser (*Ing.* 1912, S. 43; *Frederiksholms Katalog*):

Kiselsyre, SiO ₂	63,0-74,0%	Kalk, CaO	0,7-1,3%	Kulsyre, CO ₂	Spor
Lerjord, Al ₂ O ₃	7,3-10,0	Magnesia, MgO	1,0-1,5	Alkalier	1,4-2,1%
Jærntveilt, Fe ₂ O ₃	5,1-7,4	Svovlsyreanhydrid, SO ₃	0,6-2,3	Glødningstab	7,1-8,5%

Alkalierne er hovedsagelig Natron. Ca. 2/3 af SiO₂Mængden er kemisk virksom.

Vægtfylden er 2,240; i grubefugtig Tilstand vejer det ca. 850 kg/m³; tørret, men ikke knust, vejer Moleret sammenrystet ca. 580 kg/m³; lufttørret, knust Moler, som det bruges til Isolationslag i Bræddegulve, vejer 625 kg/m³; ovntørret, malet Moler vejer 275-320 kg/m³, men det kan sluge en Mængde Vand (indtil 100%), selv med 40% forekommer det ikke vaadt. Vidtdreven Finmaling forøger Rumvægten.

Cementstenen, der træffes som Klumper og Lag i Moleret, er dannet ved en Hærdningsproces. Det er en meget hard Sten, og man har en Overgang brændt Romancement af den, men atter opgivet det.

228. Moleret bruges til:

(1) Brændte, lette (800-900 kg/m³) Mursten, Vægplader og hule Blokke til Indstøbning i Jærnbetondæk. Disse Varer er meget varmeisolerende og har en i Forhold til Vægten stor Styrke!).

Naar Moleret blandes med Korkkrummer, der brænder bort, faas en højporøs Masse. Paa denne Maade fremstilles de halv cylindriske Molerskaale, der bruges til Varmerørs Isolering.

De bør højst veje 450 g/l. De lægges i, fuges og afglattes med en Varmeisoleringsmasse af Moler eller Kiselgur og fortrinnet Jærntraad Nr. 22.

(2) Varmeisoleringsmørtler, i hvilke Moleret helt eller delvis erstatter renere Diatomejord.

1) *E. Suenson: Tegldæk* (Beton-Teknik, Marts 1940); *Jærnbeton* 1931, § 455; *Byggematerialer* II, 1922, § 474.

I første Fald bruges mer eller mindre fint pulveriseret Moler blandet med mer eller mindre fint pulveriseret Molerchamotte samt enten Kokostrevler + Fæhaar eller (ved overhedet Damp) Asbestfibre + Natron + Borsyre.

(3) Isoleringsslag i Trægulve, hvor det i Pulverform lægges paa Indskudsbrædderne i Stedet for almindeligt Ler. Da det indlægges tørt, bliver Faren for Svamp mindre, og Gulvbrædderne kan straks paalægges. Det er mere varmeisolerende, men mindre lydisolerende end almindeligt Ler, og det maa lægges mellem to Lag Papir for ikke at forsvinde gennem Indskridsbræddernes Fuger eller støve op gennem Gulvbræddernes, navnlig ved Brug af Støvsuger.

Brændt Moler (Affald fra Stenfabrikationen) bruges paa samme Maade efter Knusning og Sortering i to Kornstørrelser. Nederst lægges da 2 cm af det finere og derover 3 cm af det grovere.

(4) Molerement, en Havvandscement, der er sammenmalet af Moler og Portlandcementklinker.

Se *Jærnbeton* 1931, § 37 og *E. Suenson: Molerementmørtel* (*Ing.* 1932, S. 430).

(5) Moler-Let-Beton til Afretning af Betongulve, som skal belægges med Linoleum, Korkparket, Gummi o. lign. Til 1 m³ medgaar 220 kg Cement + 550 kg brændt Moler + 506 kg Vand. Moleret bestaar af 40% 0-1 mm, 30% 2-5 mm, 30% 5-10 mm. Efter Tørring er Betonens Vægt 780 kg/m³ og Tærningstyrken 70 at.

IV. STENENES BRYDNING OG TILDANNELSE.

A. Ste'nenes Brydning.

t. Brydningsmaader.

229. Stenbruddene lægges ofte paa en Klippeskraaning, der da tildannes i Terrasser (Bænke), saa at man i forskellige Højder har en vandret Arbejdsplads. Efterhaanden som Bænkene udnyttes, arbejder man sig samtidig vandret ind og lodret ned i Klippen. Bænkene er dog ofte noget hældende, idet de følger Klippens naturlige Lagdeling eller Sprækkesystem, og de maa da, helst hælde bort fra Klippesiden af Hensyn til Stenenes Bortskaffelse og til Vandfløb.

Ofte er den efterstræbte Bjærgart dækket af andre, værdiløse, eller dens øvre Lag er mer eller mindre forvitrede, saa de ikke kan bruges til Bygningssten, og det ubrugelige Materiale maa da først afrømmes. Er disse Lag meget mægtige, kan det undertiden betale sig at lade dem ligge og bryde Stenen underjordisk i Stoller, der føres ind fra Siden (Savonniere, Øvedskloster (§ 235), Roms Katakomber).

Brydningsmaaden kan være mere eller mindre voldsom.

Uregelmæssige Stenstykker, f. Eks. Kalksten til Brænding, faas ved at sprænge Klippen med brisante Sprængstoffer. Disse kan ikke bruges til Brydning af Bygningssten, da Borehullets nærmeste Omgivelser ødelægges, og da Blokkene l[an faa Revner, der maaske først opdages efter Tildannelsen.

Regelmæssige Blokke til Bygningssten løsnes paa blidere Maader: (1) med Brækjern, (2) ved Udkløvning med Kiler, der inddrives langs Blokkens Kontur, (3) ved Udsavning. De løsnede Blokke er ofte, for store til at kunne flyttes, og de deles da straks ved Hjælp af samme Værktøj, som brugtes ved Brydningen, hyppigst ved Kløvning eller Savning. De saaledes fremstillede mindre Blokke sælges til Stenhuggerierne, hvor den yderligere Deling foregaar.

2. Stenbor.

230. Ved Stenenes Brydning er det ofte nødvendigt at bore Huller i Klippen til Indførelse af Kiler eller Sprængstoffer. Hullerne er 3-6 cm i Diameter og bores med Stødmejsler.

Haandmejsler til bløde Sten (Fig. 230) er 1-3 m lange og stødes ned i Klippen af 1 eller 2 Mand, idet Eggen for hvert Stød drejes lidt. Til haardere Sten bruges en kortere Mejsel, som inddrives med Hammerslag.

Pneumatiske Mejsler (Fig. 230,1) har nu ofte afløst Haandværktøjet. De ikke blot støder, men roterer samtidig og har Form som et tykvægget Rør, der, forneden ender i en Borekrone med 6 radiære Egge.

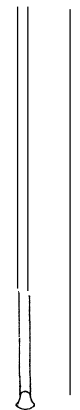


Fig. 230.

Den brugte Trykluft blæses ned gennem Røret, undviger under Skæret og strømmer op gennem det ringformede Rum mellem Rør og Borehul medtagende Boremelet. I Stedet for Trykluft bruges ogsaa Trykvand for at undgaa de Forgiftninger (Silikose), som kiselholdigt Støv fremkalder. Borekronen fremstilles med Fordel af Haardtmetal (Widia, Carboly, se *Jærnbeton* 1931, § 725).

Borerøret er foroven fastgjort i Borehammeren, et cylindrisk Apparat, der holder det i Rotation og leverer Slagene. Borehammeren ender foroven i et Haandtag, med hvilket Arbejderen trykker Røret ned i Klippen. Ved vandret Boring støtter man ofte Borehammeren med Ben, saa Arbejderen slipper for at bære dens Vægt.

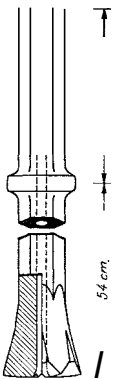


Fig. 230,1.

Ringboremaskiner tjener et andet Formaal nemlig enten at udbore en cylindrisk Prøve af Klippen eller at bore et vidt Hul; Diameteren kan være indtil 1 m. Boret er her et lodret Staalrør, der roterer om sin Akse og gør 150-200 Omdrejninger i Minuttet. Dets nedre Ende har et tanddelt Skær, der under Tilførsel af Staalkorn og Vand sliber sig ned i Klippen under Indvirkning af Rørets Vægt. I Marmor er Fremskridtet 1-4 cm pr. Time!).

Bor af denne Art kan ogsaa arbejde uden Tilførsel af Staalkorn. Skæret er da besat med Diamanter eller med Tænder af Haardtmetal.

Smaa, Bor til Brug i Laboratorium eller Værksted kan fremstilles af et Kobberør, der borer under Tilførsel af lidt Karborundumpulver Nr. 50 og Vand; fra Tid til anden maa Røret løftes og Karborundumpulveret fejes ned i Renden. Et saadant Bor er at foretrække for et Diamantbor; det borer meget hurtigere i de haarde Sten og giver smukkere Snit i de bløde Sten. Det skærer 25-30 cm dybt pr. Time i Sand- og Kalksten og 7-8 cm i Glas. Man kan ogsaa præparere Kobberørets skærende Ende med Diamantsplinter, som beskrevet i § 238.

3. Brydning af uregelmæssige Blokke.

23t. Skal der blot skaffes Materiale til Skærver eller Kalksten til Brænding, gør man Brug af brisante Sprængstoffer som Aerolit, Dynamit og Skydebomuld, der virker langt kraftigere end Krudt²⁾. Naar de fornødne Huller er borede, anbringes en Patron paa Bunden af hvert Hul, og en Tændtraad føres fra den ud gennem Hullet, hvis nedre Halvdel iøvrigt fyldes med Sand og Boremel, mens den øvre Halvdel fyldes med plastisk Ler. De ved Eksplosionen opstaaede Gasarter sprænger Klippen i større og mindre Stykker. Af blød Klippe kan der bortsprænges mere i eet Skud end af haard, og man borer derfor dybere i den bløde.

Sprængninger af denne Art er sjældent mere omfattende end svarende til nogle Dages Forbrug, men undertiden har de et langt større Omfang. I Hammerens Granitbrud (Bornholm) har man to Gange skaffet sig Materiale ved at føre en Stolle 15 m vandret ind i Klippen og ved Enden udarbejde to Tværstoller 7-8 m lange, saa det samlede Stolleanlæg fik Form af et T; i Tværstollens Ender anbragtes Aerolit, hvorefter hele Stollen fyldtes med Ler og Sandsække. Ved en Sprængning af denne Art kan man faa løsnet indtil 7000 m³ Granit, og en Del af Blokkene er meget store, indtil 50 m³.

Underminering uden Sprængstoffer bruges ved Elbens Sandstensbjerge til Fremskaffelse af Materiale til Bygningssten. Man hakker sig ind i Fjældvæggens underste Lag, der her er bløde, og anbringer Træstolper til Afstivning for det overliggende. Naar Klippen er tilstrækkelig undergravet, sprænges Stolperne bort, hvorved hele Klippesiden styrter ned, saa at man paa een Gang faar en

1) Saadan Boremaskiner bruges f. Eks. ved Brydning af den belgiske Kalksten Petit Granit i Carrière du Hainaut i Soignies; Staalkornene er runde med 2-2½ mm Diameter.

2) Fakse Kalkbrud bruger et Sprængstof, som det selv fremstiller billigt af Kaliumklorat og Petroleum.

Mængde Materiale til videre Bearbejdelse. Metoden giver naturligvis meget Affald, men er billig.

Opvarmning benyttes ved Smergelbrydningen paa Naxos, da Smergelen er for haard, til at der kan bores i den. Man laver et Baallige opad. de Stenflader, der skal løsnes, og naar disse er blevet tilstrækkelig hede, afkøles de pludselig med Vand, hvorved Klippen slaar Revner.

4. Brydning af Bygningssten.

232. Bygningssten udspænges sjældent paa voldsom Maade, dels fordi man faar uregelmæssige Blokke og meget Affald, dels fordi Blokkene kan faa usynlige Revner, der i Aarenes Løb aabner sig. Hvis man undtagelsesvis bruger Sprængstoffer, er det i alt Fald kun Krudt!

Undertiden er Klippen fra Naturens Haand delt i større og mindre, regelmæssige Blokke, idet den dels er lagdelt, dels gennemtrukket af lodrette Sprækker, og man maa da respektere denne naturlige Deling og har blot at skille Blokkene helt, hvilket undertiden kan ske alene med Brækstænger. Paa denne Maade brydes Neksøsandstenen.

Ellers afmærker man den ønskede Bloks Omrids paa et fremspringende Hjørne af Bænken og fraskiller Blokken ved Kløvning eller Savning.

Transporten af den løsnede Blok i vandret Retning bort fra Bænken kan ske med et kraftigt, stationært Spil, hvis Staalrosse ved Hjælp af vandrette Tovskiver, der ligger paa Stenbruddets Bund og er fastgjort i denne, føres hen til en i Blokkens Overside fastkilet Øsken. Paa denne Maade slæbes Blokken hen over Underlaget med en Kraft af indtil 100 t.

233. Kløvning bruges til saavel bløde som haarde Sten. I bløde Sten kan man udarbejde Render svarende til Blokkens Sideflader, og i disse Render, der kan have en Dybde af 7 cm, og hvis Tværsnit er en ligebenet Trekant med ca. 3 cm Grundlinie, inddrives Jærnkiler, indtil Stenen revner langs Rillens Bund (Fig. 242). I haarde Sten som Granit er det for besværligt at udhugge Render, man nøjes med at udhugge eller bore en Række Huller med f. Eks. 15 cm Afstand og som Regel kun faa Centimeter dybe.

I Stedet for Jærnkiler inddrev de gamle Ægyptere stærkt tørrede Trækiler, som bragtes til at bulne ud ved Paahældning af varmt Vand; man bruger ogsaa Krudt eller Patroner af brændt Kalk, der udvider sig ved Lækning; i kolde Egne kan man fylde Hullerne med Vand og lade Frosten besørge Sprængningen.

Hvis de overfladiske Render eller Huller ikke er tilstrækkelige til at faa Blokken til at flække plant efter den givne Anvisning, maa man bore saa dybe Huller - undertiden gennem hele Blokken - at man er sikker paa, at Kløvfladen ikke tager et skævt Forløb; dette modarbejdes ogsaa ved at bruge tredobbelte, lange Kiler (Fig. 233), der fylder hele Borehullet, saaledes at det Sidetryk, der opstaar ved Midterkilens Inddrivning, ikke blot overføres til Stenen ved Hullets Rand, men fordeles over hele Hullets Dybde.

Naar Marmorbrydning udføres efter denne Metode -

den bruges f. Eks. paa Grønland²⁾ - maa Hullerne føres helt til Bunds og lægges tæt. I Fig. 233,1 er Blokkene 2 m høje og 1,1 m brede; Længden kan være meget stor, indtil 40 m. Først frigøres Blokkens Underside *ab*, idet der bores Hul ved Hul,

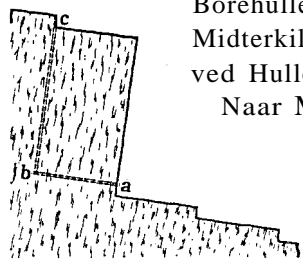


Fig. 233,1. Marmorbrud.



Fig. 233.

1) Ved Vanggranitens Brydning bruges Krudt til Bygningssten og Aerolit til Skærver.
2) Jul. Galster: Fra de grønlandske Marmorfelter (Luft-Allings Tidsskrift 1941, S. 1).

det ene tangerende det andet; paa tilsvarende Maade frigøres Blokkens Ender. Derefter bores de lodrette Huller *cb*, der lægges med indtil 7 cm Afstand, og hvilke Kilerne mddrives. Naar Blokken er sprængt løs, væltes den omkring Linien *a*, og naar den er væltet, deles den i mindre Blokke.

Marmoret plejer at have een eller flere Retninger, i hvilke Kløveligheden er særlig god, og Kløvfladen *cb* maa vælges i Overensstemmelse hermed. Havde Kløveligheden været bedst langs Fladen *ab*, vilde man have gjort denne til Kløvflade og - for at spare Borearbejde - gjort *ab* til den lange og *bc* til den korte Side; Blokkenes Væltning vilde da bortfalde.

Den Front, fra hvilken man angriber Marmoret, maa ogsaa vælges i Overensstemmelse med Kløvfladens Retning. I Fig. 233,1 arbejder man sig frem fra højre mod venstre, fordi Vandet da løber bort af sig selv, og fordi Tyngden letter Blokkens Væltning.

234. Savning bruges ofte i Marmorbrud. Blokkene ud-saves af Klippen med en endeløs Staalenor, indtil 1½ km lang, der løber hastigt over Snorskiver, af hvilke een er drivende.

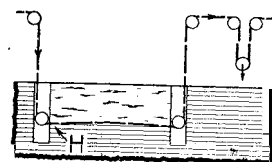


Fig. 234. Snorsav.

Snoren løber ovenover Arbejdspladsen i noget over Mands Højde og danner i vandret Billede en lukket Polygon med Ledeskiver i Hjørnerne. Paa de Strækninger, hvor Snoren skal skære, ledes den lodret ned (Fig. 234) og derefter vandret hen over Stenfladen og atter lodret op til dens normale Højdebeliggenhed. Paa det Sted *H*, hvor Snoren gaar ind i Stenen, tilføres Vand blandet med Sand, der sætter sig fast i Snoren, hvorved denne bliver skærende.

For at Snoren kan slæbe sig ned i Klippen, maa de Snorskiver *I* (Fig. 234,1), der begrænser Snorens skærende Strækning, kunne sænkes ned i Klippen. Paa disse Steder bores der derfor forud store Huller ved Hjælp af det i § 230 omtalte Ringbor. De paagældende Skiver sænkes fra Tid til anden ved Træk i Kæden *C*, hvis Kædeskive er i fast Forbindelse med en Snekke, som drejer Spindelen *D* og derved fører Tværstykket *E*, der styres af Stolpen *F*, nedad. Efterhaanden som Snorskiven sænkes, kræves der mere Snor til de lodrette Strækninger, og dette Krav efterkommes ved, at Snoren nogle Steder hænger ned i en U-formet Bugt (Fig. 234) dannet af en belastet Ledeskive, som kan hæve eller sænke sig, uden at Snorens Spænding ændres.

Den øvre Snorskive er drejelig om en lodret og hul Tap *B*, saaledes at Snoren *A* kan danne en lille Vinkel med Snorens skærende Strækning. Tværstykket *G* sidder fast paa den lodrette Arm, der bærer Snorskiven *I*, saa Armen stadig støttes af Hullets Væg. Hullerne kan være 35 cm i Diameter og indtil 20 m dybe, ofte er Dybden 7 m.

Staalnoren er 4-6 mm tyk og sammensnoet af 3 Traade. Ved Skæring i den beliske Kalksten løber den 250 m/Min, og den skærer 100 m² i 80-90 Timer; den maa ret hY; Pigt udveksles ved Grund af Skid, og Grunden hil, at man bruger saa lange Snore, som tidligere nævnt, er, at man der ved faar Shiddet fordelt over en stor Snorlængde, saa man ikke behøver at udveksle saa ofte, man kan f. Eks. gøre Traadene saa lang, at den varer til Gennemskæring af 100 m², og Afstanden mellem Hullerne samt isses Dybde afpasses da saaledes, at Snitfladen faar den nævnte Størrelse, hvorved man udgaaar at skifte Snor under Skæringen. Afstanden mellem Snittene er ofte 8-12 m.

Har Klippen lodrette Revner i en enkelt Retning, lægges Savsnittene vinkelret paa denne.

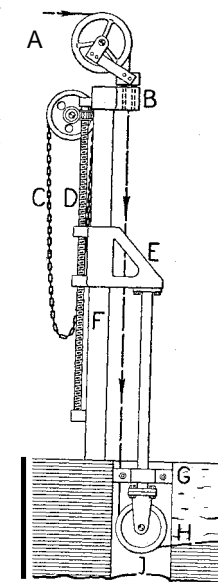


Fig. 234,1. Snorsav.

Naar Blokken, hvis Rumfang kan være flere Hundrede m^3 , er skaaret fri, deles den med samme Snor i mindre Blokke.

Hvis Klippen er lagdelt eller har vandrette Revner, vil Blokken ofte kunne løsnes fra Underlaget, naar dens fire lodrette Sider er fri; om fornødent kan man ogsaa skære vandrette Snit med Snorsaven, men Blokken maa da først gøres tilgængelig fra to modstaaende Sider.

En saadan Snorsav er billig i Anskaffelse og Drift, men kræver, at Stenbruddet er terrasseformet. Den bruges ikke blot til Marmor, men ogsaa til tæt Kalksten, Sandsten og Skifer.

235. Fræsemaskiner, der kører paa Jærnbanseskinner og fræser en Rille ned i Fjældet, bruges i amerikanske Marmorbrud, men er kostbare.

Hakkemaskiner bruges undertiden ved underjordisk Brydning. F. Eks. brydes Øvedskloster-Sandstenen paa den Maade, at Blokken først undermineres, idet Arbejderne i liggende Stilling hakker den under Sandstenslaget værende Skifer bort. Derpaa hakkes der med en Maskine to lodrette Riller 2,5-3 m dybe og 4 cm brede ind i Stenen langs Ortens Sider. Blokken er da fri overalt, undtagen paa den bageste og øverste Flade; foran understøttes den med Træklodser. Der bores derpaa lodrette Huller op i Stenen fra neden langs Bagsiden, og i disse Huller sættes Krudtpatroner, der antændes, samtidig med at Træklodserne fjernes. Blokken, der kan veje indtil 150 t, falder derved ned, saa der bliver Plads for Arbejderne til at krybe op paa den og kløve den med Kiler efter Lagdelingen i Stykker af passende Størrelse, derpaa Sporvogne køres op i Dagen. Her saves de ud i Plader af den ønskede Tykkelse og deles yderligere med en Diamantrundsav, hvorpaa Stenen enten gaar til Slibemaskinen eller, hvis den skal profileres, til Stenhuggerierne.

B. Bygningsstens Tildannelse.

1. Maskinel Tildannelse.

a. Savning.

236. De vigtigste maskinelle Tildannelsesmaader for Bygningssten er: (a) Savning, (b) Fræsning, Høvling, Drejning, (c) Slibning, Polering.

Savning sker næsten altid med Maskinsave, kun meget bløde Sten som Klæbersten og porøse Kalksten kan saves med en almindelig Haandsav med smaa Tænder. Maskinsavene er enten Rammesave, Snorsave eller Rundsave.

Rammesaven (Fig. 236) bruges navnlig til Deling af store Blokke i tynde Plader (2-10 cm). Saa tynde Plader kan som Regel ikke fremstilles paa anden Maade.

Savklingerne, af hvilke der kan være indtil 70, er 3 mm tykke, 15-20 cm høje Lameller af blødt Staal uden Tænder, udspændt med f. Eks. 3 cm Melletrum i en svær vandret Ramme X, der er ophængt i 2 Gynger T og svinger frem og tilbage samt lidt op og ned trukket af en Plejlstang V, samtidig med at den langsomt sænker sig med en Hastighed, der indstilles efter Stenens Haardhed. Fra oven drypper der sandholdigt Vand ned i Skærefugerne, hvor Sandet rulles og slæbes med af de bløde Staallameller og derved virker knusende og slidende paa Stenen. Lamellerne skal være af blødt Staal eller Kobber; jo haardere de er, des mere slides de. Savsnittet bliver ca. 5 mm bredere end Klingen, da der ogsaa er Sand paa dennes Sider. Se iøvrigt Teksten under Figuren.

237. Snorsaven er beskrevet i § 234. Den bruges ikke i Danmark, men i Belgiens og Italiens Marmorbrud og Marmorværksteder. Paa Værkstederne løber Snoren hen over Lagerpladsen, saa man kan arbejde paa mange Steder. Blokkene lægges paa lave Sporvogne, der køres ind under Snoren. Snorsaven bruges navnlig, naar en Blok kun skal deles i 2 eller faa Dele. Sand og Vand tilføres gennem et Rør paa det Sted, hvor Snoren gaar ind i Stenen.

238. Rundsaven (Fig. 238) er en lodret, roterende Skive B, der bruges til Deling og Beskæring af Sten, der ikke er tykkere end det dobbelte af Skivens fri Radius. Enten kan Stenen ligge paa en Vogn A, der fører den ind under Saven, eller ogsaa kan Saven sidde paa en Slæde, der rider paa en vandret

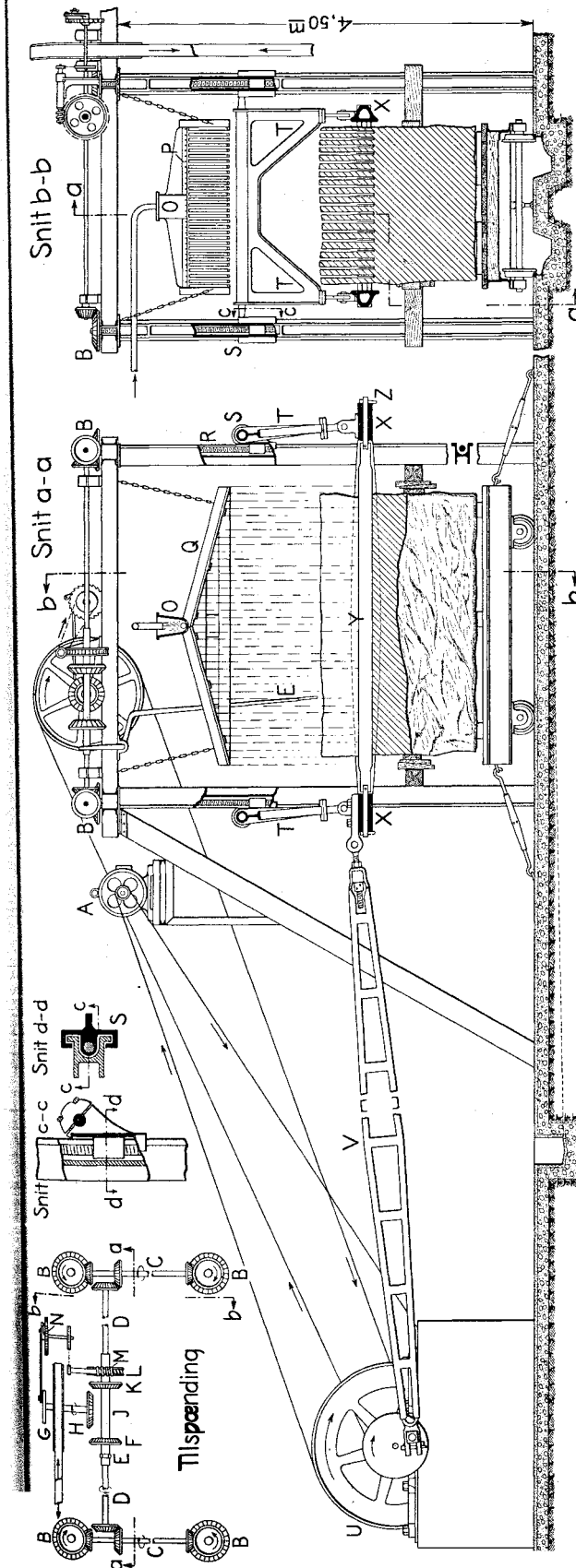


Fig. 236. Rammesav.

Blokken, der kan være indtil 4 m lang og høj, køres paa en lille Vogn ind under Savrammen og fastkiles her ved Hjælp af Tømmerstykker, der, naar Savsnittet har naaet en vis Dybde, maa fjernes og anbringes over Savrammen. Sandet kan være almindeligt Kvartsand eller Staalsand; sjældnere bruges Smergel og Karborundum. Kvartsandet (§ 393) er som det billigste mest brugt, men i haarde Sten som Granit arbejder det for langsomt. I saadanne Sten saves med Staalsand, der skærer indtil 3 Gange saa hurtigt; ved Savning i Beton virker det ogsaa stærkere end baade Kvartsand og Karborundum. Det giver en ujævner Flade end Kvartsand. Det egner sig ikke til Marmor, da dette faar Ruspletter. Staalsand fremstilles ved Knusning af smaa Staalkugler; de er støbt og derfor ofte hule. Da Strukturen er ledeburtsk, og da Ledeburten y-Jærn er martsitisk, har Sandet en ualmindelig stor Haardhed. Staalsand bruges ogsaa ved Ringboring (§ 230) og Slibning (§ 240).

Det sandblandede Vand pumpes med en Centrifugalpumpe op i Karret O og fordeles fra dette ud over den tagformede Træ-Tremmerist Q. Fordelingen sker ved to vandrette, perforerede Rør P, der udmunder i Karret. Vandtilførslen er saa rigelig i Forhold til Tremmeafstanden, at det drypper fra hele Risten. Det brugte Vand løber ned i Gulvets Rønder og ad disse tilbage til Pumpen; Sandet kan ikke bruges paany, det er helt opslidt. Pumpen og de tilhørende Rør kan være karborundumforede til Begrænsning af Sliddet. Staalsand er for tungt til at kunne medføres af Vandet; man har det i en Balje, fra hvilken det fordeles over Stenen med en Skovl. Denne Tilførselsmaade nødvendiggør en

brede Snitfluge, derfor bruger man til Staalsand Klinger, der er et Par Millimeter tykkere end til Kvartsand.

Tilspænding. Savrammen sænkes kontinuerligt med en Hastighed, der kan tilpasses efter Stenens Haardhed. Skærehastigheden omtales i § 53. Tilspændingen sker ved, at Rammen er ophængt paa de 4 lodrette Ledeskruer R ved Hjælp af Slæder S, der danner Møtrik for Ledeskruerne og glider paa Hjørnestolperne. Ledeskruerne bringes til at rotere med den ønskede Hastighed, idet de foroven ender i de koniske Tandhjul B (se det vandrette Billede øverst til venstre), der drejes af Akserne C, der selv drejes af Mellemakslen D, hvis Snekehjul L er i Indgreb med Snekken M. Denne drives ved Kædetrek fra Palhjulet N, som ved hver Omdrejning af den med den store Renskive forenede lille Skive G føres een eller flere Tænder frem, idet Palen sidder paa en radiær Arm, der med en vandret Plejlstang er forbundet med en Tap paa Skiven G. Denne Tap er indstillelig i en radiær Spalte, hvorved Tilspændingshastigheden kan tilpasses efter Stenens Haardhed.

Da Savrammen ogsaa skal kunne føres hurtigt op og ned, kan man med Vægtslangen E forskyde Bøsningen I — der kun med Fjer og Not er forbundet med Akslen D — til venstre eller højre paa denne, hvorved Snekehjulet L kommer fri af Snekken. En Forskydning til venstre bringer samtidig Hjulene K og H i Indgreb, hvorved Savrammen hurtigt hæves; en enkelt Forskydning til højre bringer Stillstand, en dobbelt bringer Hjulene F og H i Indgreb, hvorved Savrammen hurtigt sænkes.

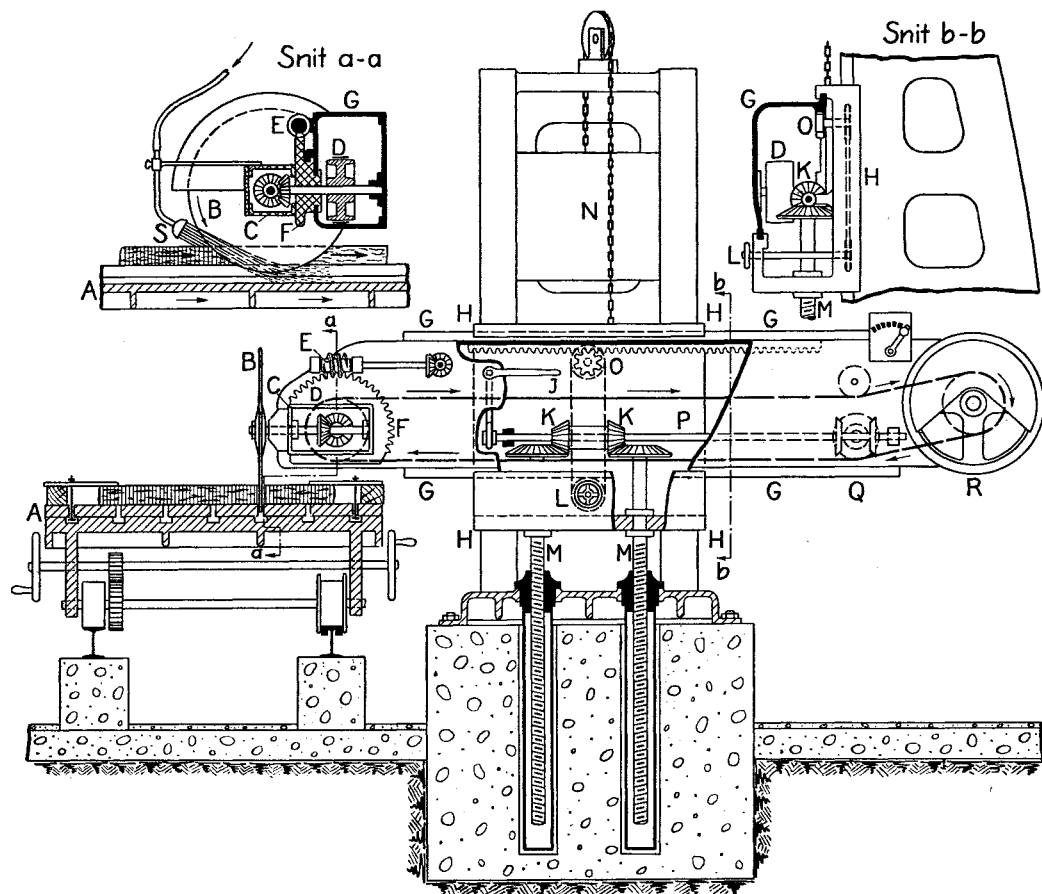


Fig. 238. Rundsav.

Bjælke og trækkes hen over Stenen. Saven kan enten være af Karborundum eller besat med Diamanter. Den arbejder langt hurtigere end Rammesaven og kan bruges til saavel haarde som bløde Sten. Under Arbejdet sprøjtes der Vand (8 i Snit a-a) paa Skærestedet.

Skivens Aksel drives ved Hjælp af to koniske Tandhjul; det drivende sidder paa Aksel med Remskiven D (Snit a-a), der ved et Remtræk er forbundet med Motoren R. Skæreskive og Motor sidder hver paa sin Ende af en Slæde, der kan hæves og sænkes og er delvis kontrahaleret af Vægten N; iøvrigt bæres Slæden af Spindlerne M, der kan sættes i Rotation og da bevæger Slæden. Rotationen tilvejrbringes af den vandrette Aksel P, der normalt ligger stille, men kan bringes til at rotere i den ene eller den anden Retning og da fører de koniske Tandhjul K med sig, hvorved Spindlerne bevæges. Akslen P kan forskydes til venstre og højre ved Bevægelse af Vinkelvægtstangen I, idet den glider i Tandhjulene K; den bærer ved højre Leje to koniske Skiver, og ved en saadan Bevægelse kommer een af disse i Indgreb med den stadig roterende koniske Skive Q, hvorved Akslen faar den ønskede Bevægelse.

Slæden er delt i to Dele, af hvilke den ene G kan forskydes vandret i Forhold til den anden H. Ved Drejning paa Haandhjulet L bevæges Tandhjulet O, der indgriber i en Tandstang paa Tværslæden G og derved bevæger denne.

Skal Skæreskiven ikke skære et lodret, men et skraat Snit, svinges dens Akse om i den ønskede Stilling. Akslen og dens Lejer er fastgjort i Kassen C, der selv er fastgjort til Tandhjulet F, som kan bevæges af Snekken E, som ved Hjælp af koniske Tandhjul staar i Forbindelse med et ikke vist Haandhjul.

Vognen A, paa hvilken Stenen ligger, er i Figuren vist ført frem med Haandkraft, men samme Maskine fremstilles nuogsaa med automatisk Fremføring, hvorved Arbejdsevnen forøges. Vognen bevæges som Regel i samme Retning som Skivens skærende Del og med Hastighed 1-2 m/Min; den store Hastighed er fordelagtigst. Ved Skæring i Granit synes Kraftforbruget at synke stærkt, naar Vognen bevæges i den modsatte Retning.

Karborundumsave er mest brugt. Karborundum er Siliciumkarbid fremstillet ved Ophedning af lige Dele Kvarssand og Kulpulver m. m. i en elektrisk Ovn. Det knuses til et groft Pulver, blandes med et Bindemiddel og formes ved Presning.

Karborundums Vf. er 3,13, Fremstillingstemperaturen er mindst 2000°. Varmeudvidelse § 49.

Karborundum er haardere end Korund og staar altsaa kun tilbage for Diamant. Karborundumsaven har omtrent samme Ydeevne som en Diamantsav og arbejder billigere. Smaa Skæreskiver kan fremstilles med Ler som Bindemiddel og brændes i Hvidglødhede.

Større Skiver fremstilles af tyndt Staalblik, 30-60 cm i Diameter, med underskaarne Tænder i Randen og dør belagt med Karborundum, saa den samlede Tykkelse bliver ca. 6 mm.

Disse Skivers Fremstillingsmaade hemmeligholdes; formentlig bruges en Masse af Karborundum+Kunstharpiks+Skællak, der presses paa Staalskiven under et Tryk af 150-200 at, hvorefter Skiven holdes paa en Temperatur af 140-180° i 12-18 Timer.

Skiverne fremstilles med Haardhed og Grovhed afpasset efter den Sten, de skal arbejde i. Skivernes Haardhed vokser med Skæremassens Indhold af Karborundumkorn og med Bindemidlets Haardhed; den angives ved Tallene 1-6 og vokser med Tallet. Skivernes Grovhed angives ved Nummeret paa den Sigte, hvis Maskevidde svarer til Kornstørrelsen; denne aftager, naar Nummeret vokser.

Skivens Omdrejningstal kan være 1400-2000 pr. Minut, dens Periferihastighed 25-55 m/sec. Periferihastigheden bør være lille ved Skæring i Granit og stor ved Skæring i bløde og halvhaarde Sten. Arbejdshastigheden omtales i § 53. En 45 cm Skive kan under gunstige Forhold gennemskære 1,5 m Granit, inden den belægges paany.

Diamantsave bestaar af en Staalskive, hvis Æg er besat med Diamanter, og bruges ganske som Karborundumsave. Diamantsave til industrielt Brug har en svær Æg, i hvilken de ret faa, men store Diamanter er indfattede paa en saadan Mande, at Saven skærer sig fri. I Laboratorier bruges ofte Rundsave fremstillede af en ca. 1 mm tyk Skive af blødt Staal eller Zink og 30-40 cm i Diameter; den hakkes i Randen med en Kniv, og i Hakkene indføres med en Pensel Diamantsplinter udrørt i Olie. Derefter bruges Saven i en haard Sten, og Diamantsplinterne vil da fæstne sig i Skiven. Præpareringen er ikke let, men lykkes den, arbejder Saven meget billigt paa Grund af Snitfugens ringe Bredde.

b. Fræsning, Høvling, Drejning.

239. Fræsning udføres med Fræseskiver af Karborundum, f. Eks. 8 cm tykke, indsat paa Savskivens Plads, og bruges til at jævne Overfladen paa savede Plader, hvis denne er for ru til direkte at behandles af Slibemaskiner. F. Eks. gennemgaar den færøske Basalt en saadan Mellembehandling. Ogsaa cylindriske Flader, der har faaet deres raa Form ved Behugning eller Savning (Fig. 248), kan jævnes ved Fræsning i Frembringerretningen. Fræsens cylindriske Flade holdes ren ved kraftig Bestraaling med Vand fra en Bruse.

Til Profilering af Kanter paa saavel haarde som bløde Sten bruges profilerede Fræser.

Til Kannelering af Marmorplader bruges undertiden i Udlandet valseformede Karborundum-Fræser (Fig. 239).

Høvlemaskiner til bløde Sten er indrettede, som de tilsvarende til Metal og bruges dels til Profilering, dels til Planhøvling af Fliser og Trappetrin. Høvlejærnene kan være haardforkromede. Skal Fladen være helt glat, maa den slibes efter at være høvlet. I moderne Værksteder er Høvlemaskinen erstattet af Fræsemaskinen.

Drejbænke bruges undertiden, navnlig til afsluttende Behandling af bløde Sten, og Fremgangsmaaden er da een af følgende.

(1) Som ved Metaldrejning, idet man dog ved bløde Sten arbejder med to Staal, bedst med Widia-Skær, stillede diametralt modsat, saa at deres Tryk ophæver hinanden, ellers kunde Søjlen eller Balustreren knække.

(2) I Stedet for de to Staal bruges en enkelt Karborundumskive roterende om en Akse, der er parallel med Stenens; da en saadan Skive arbejder med et ringe Tryk, er der ingen Fare for Bøjningsbrud.

(3) Undertiden afdrejer man paa den Maade, at Staalet skærer sig ind fra Søjlen Ende, saa der her fures en Cirkel, der fordybes til en 10 cm lang Cylindrerflade. Den udenfor liggende Kappe slaas af med en Hammer, hvorpaa Staalet atter kan gaa 10 cm frem.

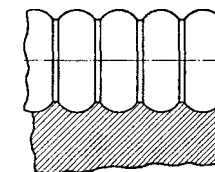


Fig. 239. Kannelering.

c. Slibning, Polering.

240. Slibning. Haandslibning sker med en Sandsten og bruges kun til krumme Flader.

Plane Flader slibes maskinelt med vandrette Skiver, der føres hen over den vandret liggende Flade og enten er besat med Slibeklodser eller arbejder med et løst Slibepulver. Dette kan være Staalsand, Karborundum" Kwartssand (§ 393), Pimpsten, Smergel o. s. v., idet man begynder med det grovere og ender med det finere.

Al Slibning sker under rigelig Tilførsel af Vand, hvorved Slibemidlet arbejder regelmæssigere.

Staalsand og Karborundumsand bruges sædvanligvis kun til Granit. Facaden paa Aarhus Raadhus har man beklædt med Plader af Porsgrund Marmor, som ved Slibning med Staalsand har faaet en grov Overflade, der minder om hugget Granit og harmonerer med Facadens Betonelementer.

Maskinerne kan være 'hel- eller halvautomatiske.

(1) Helautomatiske Maskiner (Fig. 240) bruges undertiden ved Stordrift. De bestaar af et 8-kantet Bord A med f. Eks. 4₁₀ Tværmaal, paa hvilket de

Stenplader, der skal behandles, fastkittes med Gips Side om Side, saa hele Bordet dækkes. Den 8-kantede Slibeskive D, der med sin Vægt hviler paa Stenpladerne, er ca. 2₁₀ i Tværmaal og udfører en planetarisk Bevægelse, idet den gennem et Remtræk fra Hovedakslen B bringes til at rotere om sin egen Akse, samtidig med at denne Akse af Armen C føres rundt om Hovedakslen. Derved bevæges Slibekornene i slyngede Baner, der aldrig lukker sig,

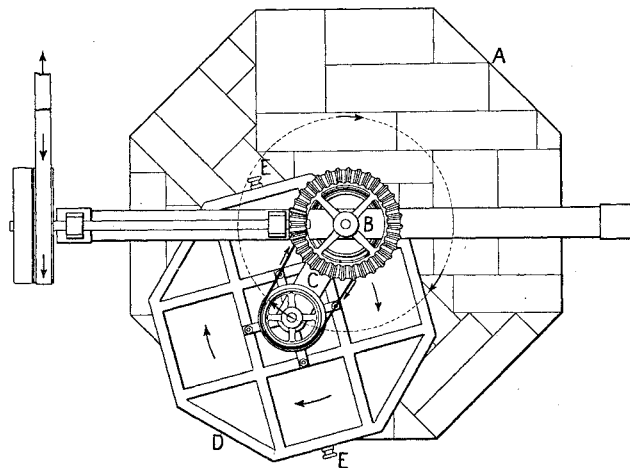


Fig. 240. Helautomatisk Slibemaskine.

medens de ved simpel Rotation hvert for sig vilde, forblive i samme Cirkel, og et enkelt grovere Korn vilde da kunne frembringe en dybere Fure. Disse Maskiner arbejder med Slibepulvere (hyppigst Kwartssand), og Slibeskiven kan enten være en tremmeformet Støbejernsskive eller - som vist i Figuren - en Træskive, hvis Underside er besat med store cylindriske Staalknopper med lodret Akse. Naar Slibningen er endt, ombyttes Slibeskiven med en Polerskive belagt med Filt; Ombytningen foretages af en Kran, der griber om Tappene E.

Trappetrin kan slibes med slædeformede, lange Tremme-Skiver, der af en Plejlstang føres frem og tilbage i Trinets Længderetning; til Slidfladen bruges en plan Skive, til Forfladen eventuelt en profileret.

Terrazzotrin, der fremstilles paa Cementvarefabriker, slibes enten paa denne Vis med Kwartssand, eller ogsaa bruges en roterende Slibeskive svarende til den i Fig. 240,1 viste, men befæstet paa Enden af en bøjelig Akse, saa Trinets ikke behøver at løftes op paa et Bord; er Stødtrinet profileret, maa det da slibes for Haanden.

(2) Halvautomatiske Maskiner (Fig. 240,1), der bruges i mindre Virksomheder, vil formentlig fortrænge de helautomatiske ogsaa ved Stordrift. De behandler kun et enkelt Stenstykke af Gangen og er saaledes indrettede, at Slibe-

skiven G kun roterer om sin egen Akse og iøvrigt føres hen over Stenen paa vilkaarlig Maade af en Arbejder. Denne Bevægelse maa uafbrudt vedligeholdes, for at Stenfladen kan blive plan og ensartet. Arbejdsbordet kan staa op ad en Mur, fra hvilken der udgaar en vandret, drejelig Arm B og D med et Albueled C. Armens frie Ende bærer den Bøsning E, der fatter om Slibeskivens Akse,

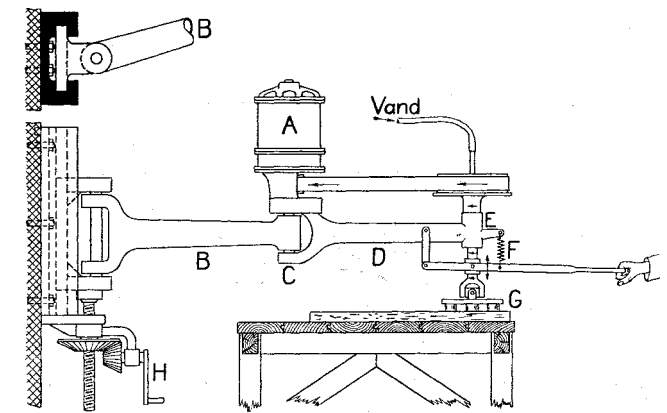


Fig. 240,1. Halvautomatisk Slibemaskine.

og denne drives af Motoren A, der ogsaa bæres af Armen. Slibeskivens Vægt bæres af Stenen, idet den roterende Aksels nedre Del kan glide op i dens øvre Del; noget af Vægten bæres dog af den regulerbare Fjer F. Armen B kan hæves og sænkes med Haandsvinget H i Overensstemmelse med Stenens Tykkelse.

Naar disse Maskiner bruges til Granit, kan Slibeskiven være en Støbejerns Tremmeskive, og der tilføres da Staalsand, Karborundumsand og sluttelig Smergel. Til blødere Sten plejer man ikke at bruge Slibepulvere, men en uigennembrudt Skive, hvis Underside er besat med Karborundumklodser; først anvendes en Skive med grovkornede Klodser, derefter Skiver med mellemkornede og finkornede og sluttelig med Klodser sammensmeltede af Smergel og Skællak.

Ved Marmor fortsætter man undertiden med en Skive besat med Smergelklodser og ender med en Skive belagt med Blyfolie. Skiverne er af Støbejern, og Klodserne fastkittes med Skællak. Skiverne gør 170-200 Omdrejninger pr. Minut.

241. Polering udføres med finere Pulvere, som føres med Filtskiver. Sten, der bestaar af flere Mineraler, lader sig kun polere smukt, naar Bestanddelene har omtrent ens Haardhed, ellers bliver de blødere Korn slidt hule eller de haarde Korn revet løse; Sandsten kan derfor ikke poleres og heller ikke granatholdige Sten, da Granaterne sidder meget løst. Porfyr, Syenit, Granit, Basalt, Serpentin og Marmor lader sig smukt polere, men kun paa de syrefaste Sten er Polituren holdbar i det fri (§ 109). Efter Poleringen beskyttes Marmorplader mod Ridser ved Overklæbning med Papir, der først fjernes efter Pladernes Opsætning.

Tinaske bruges som Polerepulver til Granit og Marmor, og undertiden iblandes lidt Svovlblomme hvilket befordrer Poleringen, men ikke kan anbefales, da det indeholder Svovlsyre, der kan angribe: Rødjærnsten (Krokus) kan ikke bruges til Marmor, da det medfører Rustpletter. Spermacet bruges undertiden som et billigt Middel til at give slebne eller halvpolerede Marmorflader Glans; man fører en Blæselampe henover Fladen og indgider derefter Fedtstoffet. Bivoks opløst i Terpentin indgides ofte efter Poleringen, for at Overfladen skal blive mere transparent.

Polerings Indvirkning paa Stenenes Renholdelse er omtalt i § 134, paa Vejrfastheden i § 130 og 139,5, paa Overfladens Haardhed i § 54.

2. Manuel Tildannelse.

a. Udkløvning og Tilretning.

242. Massive Bygningssten bliver ofte tildannede med Haandværktøj; Slibning og Polering sker dog maskinelt.

Man begynder da med at dele de større Blokke ved Kløvning, og det sker under ganske samme Former som ved Brydningen. Man mejsler en Rille¹⁾ (Fig. 242) eller borer en Række Huller og indriver Staalkiler, indtil Blokken flækker. De saaledes fremstillede mindre Blokke maa af Hensyn til den senere Tildannelse i alle Retninger være ca. 3 cm (»Arbejdsmaalet«) større end den færdige Sten.

Naar Staalkilerne indrives i haarde Sten som Granit, kan de være tilbøjelige til at springe ud af Hullet, og dette maa derfor udfores med to Strnler af Jærnblik; ved blødere Sten er dette upaakrævet.

Stenen tilhugges derefter med Mejsler, Hammere eller lignende Værktøj. Formalet er enten at give Stenen den ønskede Form eller at jævne dens Synsflader, eventuelt saa meget at Slibning kan finde Sted, eller endelig at give disse Flader en bestemt Karakter.

Ved Tildannelsen begynder man med at bestemme det Plan, der skal danne Stenens synlige Flade i Bygværket, og som maa ligge helt inde i Stenen, saa at ingen af den raaFlades Fordybninger naar ind til det. Langs dette Plan mejsles der da ind i Stenen fra alle 4 Sider, saa at der dannes en ca. 3 cm bred Ramme - »Slaget« - uden om Midtpartiet (Fig. 242,1). Naar dette derefter fjernes, kan Stenhuggeren ved Hjælp af Rammen kontrolere, at han ikke hugger for dybt.

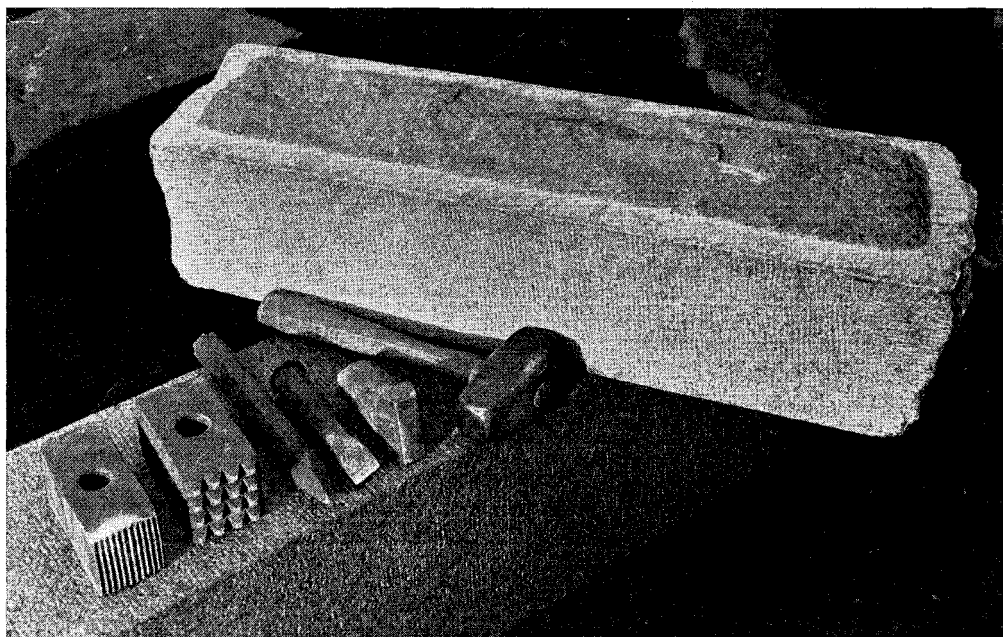


Fig. 242,1. Hegnsstolpe af Granit. Den fremadvendende Flade er færdig. Paa den opadvendende er kun »Slaget« fremstillet. Paa den underliggende Sten er fra højre til venstre anbragt: Klaphammer, Kantjærn, Bredmejsel, Spidsmejsel, Stokhammer, Riffelhammer.

Værktøjet maa vælges i Overensstemmelse med Stenens Haardhed, og Granit omtales derfor for sig, de blødere Sten for sig.

1) den kaldes Skrot.

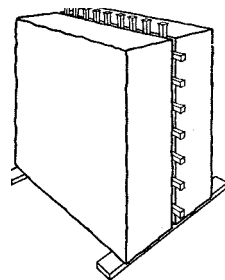


Fig. 242. Kløvning.

b. Granits Tilhugning.

243. **Værktøj.** Til Granit og lignende haarde Sten bruges (1) Sæthammer. (2) Spidsmejsel, (3) Bredmejsel, (4) Forskellige Hammere.

Sæthammeren (Fig. 243) bruges kun, saafremt den Kløvflade, der skal behandles; er meget puklet, idet man da bortsprænger de værste Pukler med den. Den holdes af een Mand, mens den anden, slaar paa den med en anden Hammer.

Banehammer kaldes denne sidste. Den har en plan Slagbane og desuden en økseformet Æg, saa den ogsaa kan bruges til direkte Hugning i Stenen.

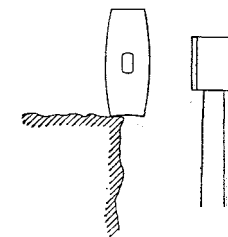


Fig. 243. Sæthammer.

Spidsmejslen (Fig. 243,1) er ellers det Værktøj, der bruges først til Borthugning af overflødig Materiale. »Man »afspidser« profilerede Sten (Gesims) og bueformede Sten, saa de faar deres omtrentlige Form. Derefter »afbanes« (jævnes) Fladerne med samme Værktøj, idet de mest fremstaaende Pukler borthugges, og de tilbageværende Pukler fjernes ved Knusning med de nedenfor nævnte Hammere. Spidsmejslen bruges ogsaa til Hugning af False, Udklinkninger, Huller o.lgn. Bredmejslen (Fig. 242,1) bruges til at afrette den afbanede Flade langs Kanten, til Afretning af Kanten langs Fugerne, til Profilhugning m. m.

Kantjærnet (Fig. 242,1) bruges til at afrette Kanterne med; der slaas paadet med en Klaphammer (Fig. 242,1), med hvilken der ogsaa slaas paa Mejslerne.

Hammere bruges til at knuse de Kamme og Toppe, som Spidsmejslen har efterladt paa den afbanede Flade, og Stenen er derefter færdig, hvis den da ikke skal slibes. Efter den Karakter, Fladen skal have, bruges Pikkert (Fig. 243,2), Hughammer (Fig. 243,3), Riffelhammer (Fig. 243,4), hvis Bane er riflet, og Stokhammer (Fig. 243,5), hvis Bane bestaar af Pyramider. Overfor Slid holder pikhuggede Flader sig længst ru, og Pikhugning bruges derfor til Fortovskantsten.

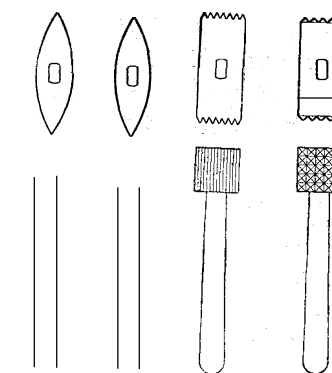
244. Hugningsgrader. Hvadenten den ene eller anden Slags Hammere benyttes, skelnes der mellem 4 Hugningsgrader: Grovhugning, almindelig Hugning, Middelfinhugning og Finhugning, til hvilke

der ikke alene svarer ulige glatte, men ogsaa ulige plane Flader; lægges der hen over Stenen en Lineal, maa Afstanden fra denne til Fladens dybeste Punkt ikke overskride en for hver enkelt Hugningsgrad fastsat Værdi. Der skelnes mellem Synsflader (de i det færdige Bygværk synlige Flader) og Fugeflader (Leje- og Stødfalder).

For Synsfladernes Vedkommende er de forskellige Hugningsgrader og Hugningsnaader vist paa Fig. 244 og karakteriserede i efterfølgende Sammenstilling.

Stenhuggeren kommer nemmest fra sit Arbejde, naar Stenen kun skal have 1 à 2 Synsflader, idet han da kan vælge de ved Kløvningen fremkomne mest plane Sider af Blokken; skal Stenen derimod behandles paa flere Sider, faar han de mere puklede Kløvflader med, og ved Brug af Sæthammeren

1) d. s. s. Krushammer. 2) eller Biggert.



243,2. 243,3. 243,4. 243,5.
Pikkert, Hug-, Riffel-, Stokhammer.

hænder det da ofte, at der »sættes« for dybt, hvorved den fremkomne Fordybning naar ned under det Plan, der skulde fremstilles, og Mestrene har derfor i deres Overenskomst med Svendene maattet tolerere noget større Fordybninger paa Sten med 3 eller flere behugne Sider end paa Sten med 1 à 2.

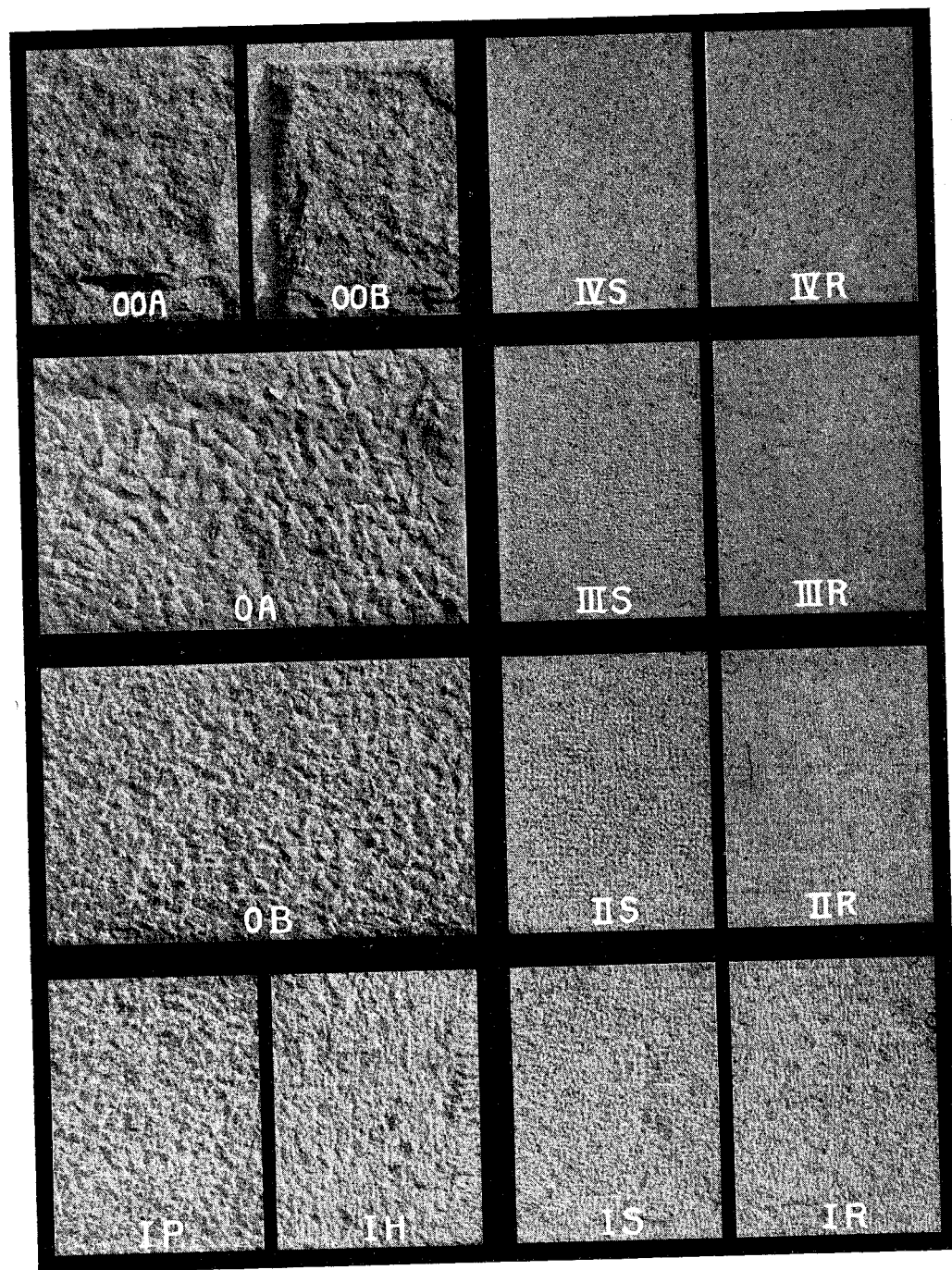


Fig. 244. Hugningsgrader for Granit.

OOA og OOB: Kløvflade	IV: Finhugget
OA: Afb t (tugtet) med Spidsmejsel	III: Middelfinhugget
OB: ane do.	II: Almindelig hugget
I: Grovhugget	I: Grovhugget
p = Pikkert	H = Hughammer
	S = Stokhammer
	R = Riffelhammer

Grad	Tilladt Fordybning
OO A Kløvflade uden hugget Bræmme	
OO B » med » » (Bræmmen: Grad II)	
O A Afbaning (Tugtning) med Spidsmejsel	25 mm
OB » » » »	15 »
I Grovhugning 'med Pikkert (I P), Hughammer (IH), Stokhammer (I S), Riffelhammer (I R)	10 »
Bruges til: Fortovskantsten, Kajmure, Fortøjningssten.	
II Almindelig Hugning med Stokhammer (II S), Riffelhammer (II R)	
Bruges til: Kajmure, Fortøjningssten, Bro-piller, Sokler, Trappetrin, Lejsten for Staaldragere, Dæksten paa Teglmure.	
III Middelfinhugning med Stokhammer (III S), Riffelhammer (III R)	2) »
Bruges til: Lyskassen, Trappetrin, Saalbænke, Vinduesindfatninger, Gesims, Dæksten' paa murede Rækværker.	
IV Finhugning 'med Stokhammer (IV S), Riffelhammer (IV R)	0 »
Bruges til: Glatte Glideflader som Skydeportes Tærskel og Stigbordsfalse.	

Fugeflader (Leje- og Stødfalder) jævnes med Spidsmejslen, dernæst bruges Bredmejsel til Kanten og endelig Hammer for at pudse de nærmest Kanten værende Dele af Stødfalderne (§ 253). Der skelnes mellem: Simpel Fuge uden skarp Kant: Fordybninger indtil 50 mm er tilladt, men de maa ikke naa ud til Synsfladerne, og de maa højst strække sig over $\frac{1}{4}$ af Fugefladens Areal. Almindelig Fuge: Kun 30 mm Fordybninger er tilladt, men iøvrigt er Kravene de samme. Plane Fugeflader kræves kun undtagelsesvis og hugges da til Grad I.

c. Kalkstens og Sandstens Tilhugning.

245. Haard Kalksten og Neksøsandsten tilhugges med lignende Værktøj som Granit.

Bløde Sten tilhugges derimod ikke med H'ammere, men hovedsageligt med Mejsler (hyppigt pneumatiske). Efter at Rammen er hugget med Mejsel, bruges eet eller flere af nedennævnte Værktøjer.

Zweispitzen (Fig. 245) erstatter Spidsmejsel + Hammer og bruges til at jævne Stenens Flader. Leje- og Stødfalder faar kun denne Behandling.

Tandjærnet, som er en Bredmejsel med savtakket Æg, tjener til yderligere Jævning. Der slaas paa det med en Staalhammer svarende til Granithuggerens Klaphammer, men Sandstenshuggerne kalder den SchUigel.

Slagjærnet er en almindelig Bredmejsel, med hvilken den sidste Jævning foretages, derefter kan Stenen slibes og poleres, hvis den er haard nok til at modtage Politur. Der slaas paa Slagjærnet med en Knippel af Hvidbøg; bruges SchHigel, faas en mindre jævnt Flade, i hvilken hvert Mejselhug ses.

Grellen²⁾ (Fig. 245,1) bruges dels sideordnet, med Tandjærnet, dels til afsluttende Behandling, hvis en kornet Flade ønskes.

Skaarerjærnet (Skorrerjærnet) (Fig. 245,2) bruges til afsluttende Behandling, hvis Fladen skal have fine, regelmæssigt forløbende Riller. Disse fremstilles i Bælter af Jærnets Bredde, idet Jærnet efter hvert Slag flyttes en Rillebredde. Bælterne overdækker hinanden lidt, og det er Stenhuggerens Kunst at faa Rillerne til at ligge i hinandens Forlængelse, saa Bælteinddelingen ikke ses.

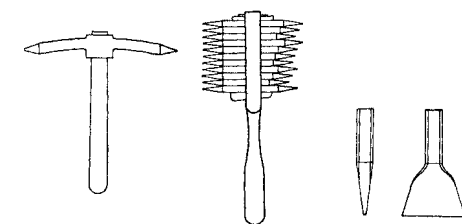


Fig. 245
Zweispitzen.

Fig. 245,1
Grell.

Fig. 245,2
Skaarerjærnet.

3. Valg af Tildannelsesmaade.

246. Arbejdsstedet. Undertiden er der i eller ved Stenbruddet opstillet Maskiner til Udskløvning af Brosten (§ 289) eller indrettet et Stenhuggeri, hvor Sten med enkle Former - Kantsten til Fortove, simple Trappetrin - tildannes med Haandværktøj. Man undgaar derved at betale Fragt af Affaldet og kan udnytte dette til Skærver. Skal Blokkene derimod saves op til Plader eller pro-

1) Har Stenen flere end 2 Synsflader, er 1 mm større Fordybning tilladt:

2) I Tyskland kaldes dette Værktøj undertiden Spitzer, hvis det indeholder 8-10 Mejsler, og Kronel, hvis det indeholder 16-20. Det danske Navn stammer maaske fra Frankrig, thi en Stenhuggerøkse, der ligner Grellen, idet dens Æg er opdelt i Spids, hedder paa fransk grelet.

fileres eller udformes til slanke Piller - Varer, der let kan beskadiges under en lang Transport - plejer Arbejdet at foregaa i et selvstændigt Stenhuggeri beliggende nær Forbrugscentrene eller paa selve Byggepladsen. Skal Stenen have særlig rige Prydelser, udføres disse ofte af Stenhuggeren eller Billedhuggeren, efter at Stenen er indmuret; dette sker, dels for at Forsiringerne ikke skal lide Skade under Transporten, dels for at Byggeriet kan gaa sin rolige Gang uafhængig af de Forsinkelser, Stenens Udsmykning kan give Anledning til.

247. Stenartens Indflydelse paa Arbejdsmaaden. Om Bygningsstens Tildannelse foretages med Maskiner eller med Haandværktøj afhænger ikke blot af Værkstedets Maskinudstyr, men ogsaa af andre Faktorer.

Kostbare Stenarter vil man fortrinsvis tildanne ved Savning, fordi Kløvfladernes Uregelmæssighed medfører et stort Tildannelsesspild.

Haarde Stenarter vil man fortrinsvis tildanne ved Kløvning, da Savningen er langsommelig, og da de ved Kløvning plejer at revne plant.

Lagdelte Stenarter vil man fortrinsvis kløve, saafremt de skal deles parallelt med Lagene. De bør tildannes saaledes, at Lagene kommer til at staa vinkelret paa Bygværkets Facade og paa de virkende Trykkræfter; derved faas størst Vejrfasthed og Styrke.

Overfladebehandlingen, ved hvilken der bibringes Synsfladerne en bestemt Karakter, staar ogsaa i et vist Afhængighedsforhold til Stenarten, men det er dog navnlig Fladens forudgaaende Behandling, der bestemmer, hvorledes man slutter af. Kløvflader gøres riflede eller kornede med Haandværktøj; skal de slibes eller poleres, sker det maskinelt efter en særlig omhyggelig Finhugning. Skaarne Flader plejer man ikke at behugge, men at slibe eller eventuelt polere; se ogsaa § 265.

248. Stenformens Indflydelse paa Arbejdsmaaden.

Tynde Plader (2-10 cm) til Beklædning af Facader, Vægge, Vindueskarme, Borde, Gulve og Trappetrin, fremstilles altid ved at opskære Blokken med en Rammesav, uanset om Stenen er blød eller haard. Selvom Savning i haarde Sten som Granit er en meget langsommelig Proces, er man nødt til at anvende den, da tynde Plader ikke kan fremstilles paa anden Vis. Ved Kantskæring og Deling af Pladerne bruges Rundsaven.

Tykkere Plader op til 30 cm og mere kan med Fordel fremstilles paa samme Maade som de tynde, saafremt der paa een Gang skal fremstilles mange Plader med begge Sider plane, og saafremt Stenen let lader sig skære. Skal der kun fremstilles en enkelt Plade af haard Sten, vil man kløve, saafremt Pladen kan gøres saa tyk som nødvendigt for ikke at knække under Kløvningen; Granitplader maa som Regel være mindst ca. 13 cm tykke for at kunne fremstilles ved Kløvning. Hvis lagdelte Sten skal deles efter Lagene, vil det som Regel være lettest at kløve.

Kvadere (§ 253), der skal være synlige fra alle Sider, kan fremstilles ved Kløvning og Tilhugning eller ved Deling af en tyk Plade med Rundsaven. Paa sidstnævnte Maade behandles navnlig Smaakvadere af blødt Materiale.

Beklædningskvadere, der skal bagmures eller bagstøbes og derfor kun behøver at være fint afrettede paa en enkelt Flade, medens der stilles beskedne Krav til de øvrige, bliver som Regel kløvede ud, hvorefter nævnte Flade tilhuges plant.

Søjler og Balustrer med cirkulært Tværnsnit fremstilles af en kvadratisk prismatisk Blok. Granit tildannes udelukkende ved Hugning, idet Blokken først hugges 8-kantet, derefter 16-kantet o. s. v. Kalksten og Sandsten kan tildannes paa samme Maade, men undertiden foretrækker man at fjerne en Del af det overflødige Materiale med Rundsaven, og da enten saaledes at man bortsaver Hjørnestykkerne, eller saaledes at man paa den vandrette liggende Bloks Endeflade tegner den Cirkel, der bestemmer den færdige Søjles Tværnsnit, og derefter skærer lodrette, langsgaaende Riller ned i Blokken til den Dybde, som Cirklen angiver, hvorved det overflødige Materiale deles i tynde Lameller, der let kan brækkes af ved deres Rod (Fig. 248). Derefter jævnes Overfladen ved Fræsning (§ 239). Drejning bruges sjældnere.

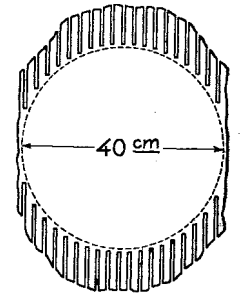


Fig. 248. Søjle.

Bueformede Sten kan fremstilles paa samme Vis som Søjler.

Profilerede Sten, f. Eks. Gesimssten, kan fremstilles ved Hugning (§ 242-5) eller Fræsning (§ 239).

V. BRUGSFORMER OG LEVERINGS- BETINGELSER.

249. Naturstenene bruges fortrinsvis som:

- A. Bygningssten (Huse, Broer, Støttmure).
- B. Slidsten (Brosten, Fliser, Trappetrin).
- C. Skærver (Veje, Beton).

A. Bygningssten.

1. Stenformer.

250. Blandt andet paa Grund af Naturstenenes høje Pris bruges de overvejende som en Klædning udenpaa Beton eller, Teglstensmurværk, naar der kræves en holdbarere eller kønnere Overflade. Saadanne Beklædningssten gaar sjældent ret dybt ind i Bagmuren, og oftest er kun Synsfladen og den aller nærmeste Del af Fugefladerne regelmæssigt tildannede, iøvrigt har Stenen sine raa Kløvflader. Huse beklædes ofte med tynde Plader, der slet ikke er i Forbandt med Bagmuren.

Tidens Trang til Økonomi og Enkelthed har medført, at Brugen af rigt dekorede Sten er i Tilbagegang; man foretrækker store, rolige Flader. Derfor er Stenhuggerens Arbejde i nogen Grad afløst af Maskinsavens, de mer eller mindre massive Sten af de tynde Beklædningsplader. Denne Enkelthed er gunstig for Vejrfastheden (§ 91).

Efter Tildannelsesgraden kan der skelnes mellem raat og fint tildannede Sten.

a. Raat tildannede Sten.

251. Til de raat tildannede Sten kan henregnes: (1) Kyklopsten uden regelmæssig Form, (2) Raakvadere med tilnærmelsesvis parallelpipedisk Form, som de f. Eks. fremkommer ved Brydning af lagdelte Sten.

Kyklopsten fremstilles fortrinsvis af Granit (Brudsten eller Rundsten), men ogsaa af Kalksten (§ 198,4), Sandsten (§ 176) og Flint (§ 13). De udkløves i passende Størrelser, og Facadestenen tildannes i mer eller mindre regelmæssige Femkanter, saa de kommer til at slutte saa tæt som muligt til Nabostenene.

Massivt Kyklopmurværk af Granit har været brugt til Fundamenter og Støttmure, undertiden ogsaa til Lader, men egner sig ikke til Stalde paa Grund af Uporøsliteten og Varmeledningsevnen.

Nu om Stunder bruges Kyklopsten af Granit til Beklædning af Beton-Støttmure paa Landjorden, mens man til Beklædning af Husmure bruger Kalk- og Sandsten. Man opmurer ca. $\frac{1}{2}$ ro ad Gangen, idet man sætter Stenene i en egnet Mørtel og bagtil kiler dem op med Skærver, hvis de ikke kan staa af sig selv; derefter bagmures eller bagstøbes. Støbningen maa foretages varsomt, saa Stenene ikke forskubbes; eventuelt maa disse opmures mod en Lægterist, som støtter dem.

Man forlanger gerne, at samtlige Sten skal være kløvede, og at de skal sættes i godt Forbandt, og at alle Fuger skal udfyldes fuldstændig med Mørtel; af Hensyn til Opsætningen maa Ingen Sten veje over 75 kg. Fugetykkelsen bør ikke overstige 2,5 cm.

Lignende Stenformer benyttes til Beklædning af Jordskraaninger; hertil fordres undertiden Sten med mindst 0,15 m² Lejeflade.

252. Raakvadere af nogenlunde parallelpipedisk Form, men variabel Størrelse, kan ofte faas billigt i Nærheden af Stenbrud og lader sig sammenmure til ret regelmæssigt Murværk med lodrette Stødfuger og vandrette Lejefuger.

Da Stenene har forskellig Højde, er det bedst at sortere dem, saa der i hvert enkelt Skifte kommer Sten af ens Højde - altsaa gennemgaende vandrette Fuger - medens Skiftehøjden veksler.

Er en saa vidtgaaende Sortering ikke mulig, maa man finde sig i, at nogle af de vandrette Fuger afbrydes af større Sten, men den derved fremkomne Uhomogenitet svækker Muren og bør søges begrænset ved Forskrifter om, at kun 2 eller højst 3 Stødfuger maa ligge i hinandens Forlængelse, og at Antallet af Lejefuger pr. lodret Meter skal være nogenlunde ens, ligegyldigt hvor man lægger Meterstokken.

I sine Fordringer til Størrelsen er man naturligvis bundet af de lokale Forhold; i Reglen foreskrives en vis Minimums- og Maksimumsstørrelse (den sidste ikke større, end at Stenen kan haandteres af een eller to Mand), og at f. Eks. 75% af Stenene skal have en bestemt Størrelse, ligesom Antallet af Bindere opgives.

Som maksimal Fugetykkelse foreskrives undertiden 1,5 cm.

Murværk af denne Art fremstilles af Granit (paa Bornholm) og Faksekalksten (i Omegnen af Fakse), men bedst egnet er lagdelte Sten. I København bruges navnlig Neksøsandsten (Eliaskirken, § 176) og Ølandsten (Langelinieskurene og Kunstmuseets nordre Terrasse, § 200).

Fig. 252 viser noget meget raat Skifer, murværk af denne Art. Stenene opmurede mod et Tremmestruktur, der først sikrede, at Facaden blev plan og fik den rette Hældning, og senere hindrede, at Stenene blev skudt ud ved Betonens Tryk. Stenene sættes i Cementmørtel, der dog kun anbragtes bagtil og meget skødesløst, senere stoppedes der Cementmørtel ind i Fugerne fra Forsiden; hvor Stenenes Form medførte, at Facadefugerne vilde blive for tynde, indlagdes korte Træpinde med kvadratisk Tværsnit, 1-1,5 cm i Sidelinie.

I Italien kan man se Jord-Støttmure af denne Art opstillede uden Mørtel, nien til Gengæld over-spændte med kraftigt Jærtraadsvæv, 3 Gange forzinket.

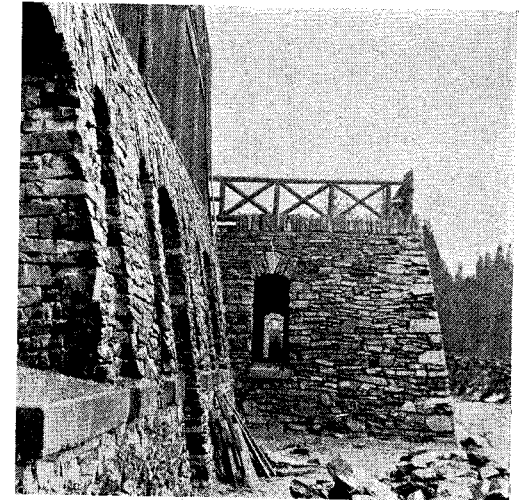


Fig. 252. Hotel i Banff (Canada).

b. Fint, tildannede Sten.

253. Til de fint tildannede Sten kan henregnes: (1) Kvadere med nøjagtig parallelpipedisk Form eller i alt Fald nøjagtig rektangulær Synsflade, (2) Formsten med krumme eller profilerede Flader, (3) Plader.

(1) Kvadere er et Navn, der afledes af det latinske quattuor (= fire), og betyder altsaa firkantet Sten. Overensstemmende knyttes det her til regelmæssigt tildannede Sten med rektangulær Synsflade, dog kun naar Stenens Dybde (vinkelret paa Synsfladen) er saa stor, at Stenen har Blokform, ikke Pladeform. Om Fremstillingen se § 248. Kvadere bruges dels til Piller uden lodrette Fuger, dels til Beklædning af Facader, navnlig disses Sokkel, hvorom nærmere i § 261. Materialet er hyppigst Granit, men i Husbygningen ogsaa Sand- og Kalksten.

Den maksimale Blokstørrelse kan være meget betydelig. Granit kan faas i saa store Blokke, som man kan transportere,

flere Meter paa hver Led. For andre Sten kan man regne med hosstaaende Maksimumsmaal.

Den normale Kvaderstørrelse, er naturligvis langt ringere, og af økonomiske Grunde (§ 281) bør man tolerere, at Størrelsen varierer saameget, som Forholdene tillader.

Jo stærkere og haardere Stenarten er, des større gøres Kvaderner, da Bearbejdelsen derved bliver billigere. Højden ligger gerne mellem 15 og 60 cm, hvor ikke særlige Forhold gør sig gældende; Granit-

Travertin	100 · 150 · 300
Bremer Sandsten	100 · 100 · 250
Cotta »	>> >> >>
Neksø »	70 · 100 · 250
Øland Kalksten	40 · 60 · 300
Fakse Marmor	100 · 100 · 100
Kridtsten	30 · 40 · 50
» normalt	12 · 21 · 42

kvadere er ofte ca. 50 cm høje, mens Højden af lagdelte Sten maa rette sig efter Bænkenes Højde. Stenenes Tykkelse er hyppigst 1 til 2 Gange Højden, mens Længden maa afpasses efter Stenenes Bøjningsstyrke af Hensyn til Faren for Brud under deres Bearbejdelse og Transport. Er Højden (eller det mindste Tværmaal, for det Tilfælde at Stenen indmures paa Højkant) h , holdes Længden som Regel under $5-6h$ for Granit, under $4h$ for Marmor og under $2-3h$ for almindelige Kalk- og Sandsten.

Hugningsgraden (§ 244) bestemmes for Synsfladernes Vedkommende oftest af æstetiske Hensyn; alle de andre Flader plejer at være sparsomt tildannede. Plane Leje-flader bruges som Regel kun i Piller og Søjler uden Stødfuger, for Beklædningsblokkes Vedkommende nøjes man med at planhugge saavel Lejesom Stødfuger paa en mer eller mindre smal Bræmme langs Synsfladen, og da den øvrige Del af nævnte Flader absolut ikke maa staa frem for den behuggede Del, ligger de ofte meget tilbage; Bagfladen, der er ganske raa, bør dog ikke være mindre end $\frac{2}{3}$ af Forfladen.

Nævnte Bræmme skal staa vinkelret paa Synsfladen, og for Granits Vedkommende ligger Bredden oftest mellem 3 og 15 cm; ved Husbygning er 5 cm almindeligt (§ 261), ved Vand- og Brobygning 10-15 cm (§ 258). Under Hensyn til Murværkets Styrke kan der være Grund til at gøre Leje-fladernes Bræmme bredere end Stødfladernes.

(2) **Formsten** er regelmæssigt tildannede Sten, der ikke har plane og lodrette Begrænsningsflader (f. Eks. cylindriske Søjlesten), eller som er profilerede (f. Eks. Gesimssten og Dæksten).

(3) **Stenplader**, hvis Udstrækning er meget stor i Forhold til Tykkelsen, fremstilles ved Kløvning (§ 242) eller Savning (§ 248) og bruges til Beklædning af Beton og Murværk. De første omtales i § 265 og 282, de sidste i § 265-80 og 282; disse er hyppigst 2-3 cm tykke og bruges ogsaa som Vinduesplader.

2. Formllring af Natursten.

254. Stenenes Løftning sker ofte med Kran, og man kan da enten slaa Trosser om dem eller forsyne dem med et eller flere Huller, i hvilke Kranens Gribeværktøj kan indføres. Man pruger forskellige Fremgangsmaader. I Fig. 254 har Stenen to Huller, 2 cm dybe, i hvilke Kløerne indføres. Er alle Sidefladerne Synsflader, eller er Stenen for bred, til at Kæden kan spænde over den, kan man børe Huller i Oversiden og indføre Dorne (Fig. 254,1), men Stenen

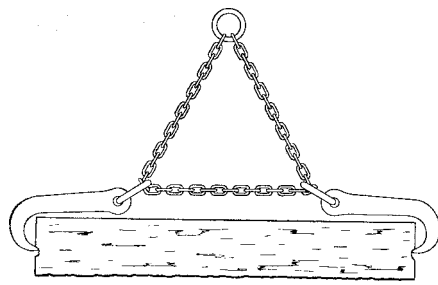


Fig. 254.

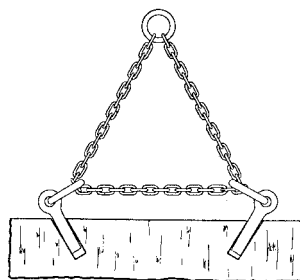


Fig. 254,1.

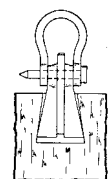


Fig. 254,2.

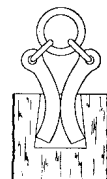


Fig. 254,3.

maa da være stærk som Granit. Man kan ogsaa nøjes med et enkelt Hul i Oversiden lodret over Tyngdepunktet, indføre et Par Kiler (Fig. 254,2) og drive dem ud mod Hullets Sider med et Mellemstykke; hvorefter alle tre Dele samles med Heksen, ved at dennes Bolt stikkes igennem dem. Mindre paalidelige, men hurtigere at bruge, er Kløerne i Fig. 254,3.

Forbandtet maa afpasses saaledes, at Stødfugerne i to paa hinanden føl-

gende Skifter ikke kommer for nær ved hinanden (Fig. 258); Afstanden bør gennemsnitlig mindst være lig Skiftehøjden og intet Sted mindre end Halvdelen af denne.

255. Formuring af Granit og andre tætte Eruptiver sker med Cementmørtel. Ved Formuring af porøse Sten og visse Marmorsorter er det forsigtigst at undgaa Cement (§ 141-2). Hvis der spildes Mørtel paa Synsfladerne, bør den straks afskrubbes uden Brug af Syre; efterlader den Pletter paa behugne Sten, kan man forlange dem hugget paa ny.

Formuring af **Granit** kan ske paa en af efternævnte tre Maader. Hvis Leje-fladerne er ujævne, er det anbefalelsesværdigt forud at udjævne den opadvendende Leje-flade (helst ogsaa den nedadvendende) med Cementmørtel og lade denne hærde, inden Fugemørtlen tilføres; derved lettes Fugemørtlens jævne Fordeling, og de med en variabel Fugetykkelse følgende Forskelle i Mørtlens Sætning forud for Størkningen formindskes.

(1) Mørtlen udlægges før end Stenen, og denne, hvis Underside er renvasket, sænkes med Kran ned paa den udlagte Mørtel, hvorved man faar stærkt Murværk, men det er vanskeligt at holde Fugerne snorlige.

(2) Fugerne udløbes med Mørtel. Som Regel ønsker man snorlige Fuger, og Stenene maa da oplægges paa Trækiler og rettes ind, hvorefter Fugerne udløbes med letflydende Mørtel (Fig. 255). Denne Fremgangsmaade bruges i aftagende Grad, dels fordi man vanskeligt kan sikre sig, at Fugerne fyldes helt, dels fordi man i Huse kan have Ulemper af de store Vandmængder, som tilføres Murværket, og som kun kan undvige ved Fordampning gennem Bagmuren.

Man opstiller eet eller flere Skifter og tætter Leje- og Stødfuger forfra med Værk eller Ler i 2-4 cm Dybde, hvorefter Bagmuren opføres i samme Højde som Formuren, men i nogle Centimeters Afstand fra denne, saa der dannes en luftfyldt Fuge, hvori Mørtlen kan hældes. I Facadefugernes Tætningsmateriale bør man lade enkelte Huller aabne til Luftens Udgang; disse Huller stoppes, saasnart Mørtlen er naaet hen til dem.

For at faa stærkt Murværk maa man bruge en stærk Mørtel og sørge for, at Fugerne fyldes helt. Det sidste Hensyn kræver en letflydende Mørtel, der ikke er saa vand- og sandrig, at Sandet bundfælder sig inden Størkningen. Bruges sandfri Cementslam kan man, naar Massen skal være støbelig, ikke komme ned under $P_v = ca. 0,4 P_c'$ og Værdien bør som Regel ikke overstige $ca. 0,7 P_c$, da man derved blot faar ringere Styrke og ikke større Letflydighed. Man plejer dog at tilsætte 0,5-1 Liter Sand pr. Liter Cement, hvorved Vandmængden som Regel kan holdes under $0,5 (P_c + P_s)$. Undertiden bruges sandrigere Mørtler som 1 : 3, men de maa da gøres saa vandrige, at man er udsat for, at Sandet bundfælder sig. Sandet bør ikke være for groft. Ogsaa Cementen vil bundfælde sig, hvis Størkningen indtræder sent, og en hurtigstørkende Cement er derfor at anbefale til saadant Arbejde.

Man bør lette Mørtlens Udbredelse ved ikke at gøre Fugerne for tynde (0,5-2 cm efter den Længde, Mørtlen skal løbe) og ved forud at vandmætte Bagmuren, saa den ikke suger Vand fra Mørtlen. For at faa Tryk paa denne udstøber man kun en Facadelængde af ca. 3 m ad Gangen, idet man ved Enderne af denne Længde stopper Værk i Støberende og Fuger. Man fjerner Værket efter et Døgns Forløb, og Facadekilerne nogle Døgn senere, hvorefter Fugningen udføres med Cementmørtel 1 : 2.



Fig. 255. Granitbeklædning af gammel Mur paa Christiansborg. Stenene i øverste Skifte staa paa Trækiler, og Fugerne er tættede med Værk. Mellem Granit og Teglstensmur hældes CM 1 : 2, der løber ud i Fugerne.

(3) Den vandrette Fuge stemples fuld af jordfugtig Mørtel, hvorefter Stenen bagstøbes eller bagmures. Denne Fremgangsmaade giver stærkt Murværk og er meget brugt, ogsaa i Buebroer (§ 260), men Stenene maa være saa tunge, at den kraftige Stampning ikke løfter dem.

Mørtlen er Cementmørtel 1:2 (ved Brobygning) eller 1:3 (ved Husbygning). Lejefladerne bør vædes forud. 1,5 cm Fugetykkelse er ofte passende; meget tynde Fuger kan ikke fyldes paa denne Maade, men maa udløbes. Er Bagmuren forud opført, sker Stampningen fra Forsiden, men da Fugevidden gerne vokser bag ud, kan det være rigtigst at stampe fra Bagsiden, og Facadefugen maa da dækkes med en Lægte, mod hvilken Mørtlen kan presses; Bagmuren mures derefter direkte mod Naturstenen; ved Muring i Frost er denne Fremgangsmaade at foretrække for de andre.

256. Fugningen bør foretages med Omhu, og Fugen bør formes saaledes (Fig. 256), at hverken den selv eller Stenen faar vandrette Flader, paa hvilke

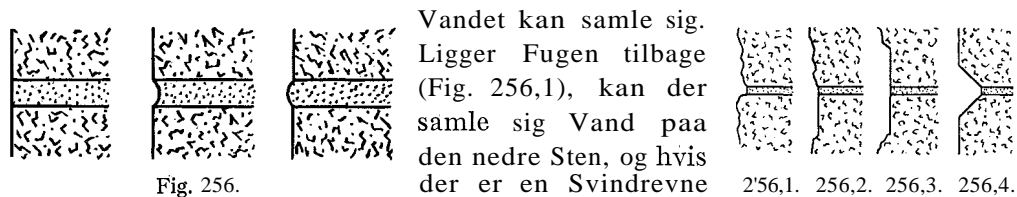


Fig. 256.

Vandet kan samle sig. Ligger Fugen tilbage (Fig. 256,1), kan der samle sig Vand paa den nedre Sten, og hvis der er en Svindrevne 256.1. 256.2. 256.3. 256.4.

langs denne, kan Vandet suges eller af Vinden drives ind i Fugen, og da Stenen ikke er sugende, vil det kunne blive staaende eller løbe videre og i begge Tilfælde gøre Skade (§ 140). Har Stenen en raa Kløvflade, er det vanskeligt at undgaa saadanne Fremspring, derfor forsyner man ofte. slige Sten med en hugget Bræmme (Fig. 256,2-256,3).

I Mure med stort Kanttryk kan Kantens Tilbøjelighed til Afspringning modarbejdes enten ved Affasning (Fig. 256,4) eller ved at fuge med en svag Mørtel.

Den Dybde, i hvilken man udkradser Fugen, bør mindst være lig med dennes Tykkelse.

Ved Vandbygningsarbejder bør Fugerne udkradses til 4 cm Dybde og fyldes med stiv Cementmørtel 1:1, som inddrives med Kalfatrejern og rundglittes bindig med Stenkanterne. Fugning bør kun foretages itørt Vejr, og de færdige Fuger bør holdes fugtige og beskyttes mod Sol i mindst 7 Døgn. Facadepaders Fugning omtales i § 278.

257. Piller og Søjler fremstilles undertiden af en enkelt Sten, navnlig naar de skal poleres og er slanke. Skal Pillen opmures af mindre Sten, undgaar man om muligt lodrette Fuger ved at bruge gennemgaaende Kvadere. For at de vandrette Fuger ikke skal svække mere end nødvendigt, kan man bruge en af følgende Fremgangsmaader:

- (1) Omhyggelig Sammenslibning uden Brug af Mørtel
- (2) Planering af Lejefladerne ved Hugning eller Savning og Indlæg af en 2-4 mm tyk Blyplade. Eventuelt kan Planeringen foretages med Cementmørtel, som man lader hærde, inden Stenene anvendes.
- (3) Som (2), men der indlægges kun smaa Stykker Blyplade, 25 mm i Kvadrat, og mellem disse Cementmørtel eller hydraulisk Kalkmørtel. Naar den øvre Sten sænkes ned paa dette Leje, presses den overflødig Mørtel ud, og Stenen bæres straks af Blyet, der sikrer en ensartet Fugetykkelse, men naar Pillens Last bliver saa stor, at Blyet flyder, træder Mørtlen i Virksomhed.
- (4) Er Lejefladerne mindre jævne, kan man gaa frem som under (3), men i Stedet for Blyskiver bruge Kiler, der anbringes langs Randene og fjernes, naar Mørtlen er hærnet. Er Lejefladerne meget ujævne, bør man dog for at faa Trykket ens' fordelt, jævne i alt Fald den opadvendende Flade med Mørtel, der faar Lov at hærde, inden Fugemørtlen udlægges.

Betonpiller kan beklædes med tynde Plader ligesom Vægge (Fig. 267,5). Betonsøjler kan beklædes med to halvcylindriske Skaller, der fremstilles af en Blok ved Fræsning (§.248) og undertiden kun er 2 cm tykke; Søjlen kan ogsaa støbes i en Form opbygget af armerede Kunststensringe (§ 307)..

3. Vand- og Brobygningssten.

258. Vandbygværker som Kajmure og lignende opføres ofte af en Stenskal, bag hvilken der udstøbes Beton.

Stenarten bør være en sund, stærk, frostfast (§ 98) Granit eller anden Eruptivbjærgart med fin og ensartet Struktur uden løse Dele, Revner eller forvitrede Flader og uden lokale Fejl, der kan nedsætte Styrke, Holdbarhed eller Udseende (§ 153). Til Beklædning af Storstrømsbroens Piller forlangtes Granit eller Basalt, hvis Trykstyrke i vandmættet Tilstand var mindst henholdsvis 1800 og 1400 at.

Bruges porøse Sten, bør Selvmætningsevnen og Styrketabet ved Vandmætning være ringe (§ 102 og 138).

Forbindelsen med Betonen skal være meget solid, og man tvinges derfor til at bruge mange Bindere (Fig. 258). Da disse vanskeliggør Bagstøbningen, erstattes de undertiden med Kobberbøjler (Fig. 258,1).

Stenbindere. Naar bagstøbt Murværk som Fig. 258 trykbelastes, revner det langs lodrette Planer gennem Stødfugerne. Desuden trækker Klædningen sig løs fra Betonen, og denne Adskillelse sker i den

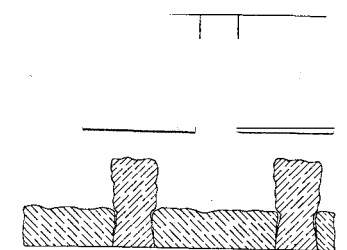


Fig. 258.

Flade, der har mindst Trækstyrke, og hvis Beliggenhed derfor afhænger af Forholdet mellem Bindernes Trækstyrke og Indstøbningsdybde; er denne sidste stor, trækkes Binderne over, idet Brudfladen følger Løbernes Bagside; er den lille, vil Binderne følges med Løberne, idet Binderne enten trækkes ud af Betonen eller medtager den Beton, der ligger mellem dem.

For Sandstensklædninger, i hvilke hvert andet Skifte bestod af Løbere, hvert andet af Bindere, fandt Gaber, at Bindernes Overlængde skulde være mindst $\frac{3}{4}$ af Skiftehøjden, for at Binderne skulde blive trukket over og ikke ud af Betonen (B.u.E. 1930, S. 301).

Man opnaar den bedste Forbindelse mellem Klædning og Beton ved kun at opmure 1 Skifte ad Gangen og derefter bagstøbe, da man derved hindrer, at der bliver tomt under B.inderne som Følge af Betonens Sætning.

HVIS der i Modsætning til Fig. 258 kun er Bindere i hvert andet Skifte, kan man hennure dette og det paafølgende Løberskifte, inden man bagstøber. I Reglen er Halvdelen eller Fjerdedelen af Stenene Bindere. Stød- og Lejefuger forlanges behuggede i mindst 10-15 cm Dybde; de smig" Stødflder paa Fig. 258 er ikke almindelige, men giver en særlig stærk Forbindelse. Skiftehøjden er gerne 25-60 cm, ofte tillader man, at varierer noget; Løbernes Længde er 3-6 Gange Højden, og deres Dybde $\frac{3}{4}$ - $\frac{1}{4}$ Gange. Bredde er hyppigt lig Skiftehøjden, og Dybden 2-3 Gange saa stor. Hugningsgrader § 244. Formuring § 255. Fugning § 256.

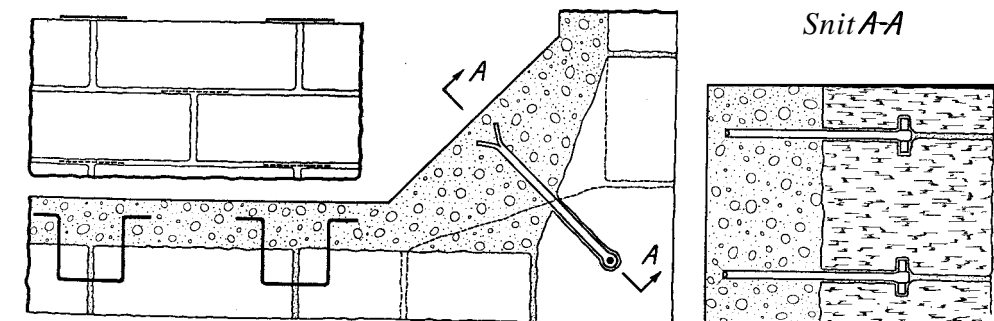


Fig. 258,1. Facade og Hjørne i Storstrømsbroens hule, granitklædte Jærnbetonpiller. 1:22,5. Til vens re: Bøjler af Kobbertraad erstatter Stenbindere. » højre: Hjørne, hvis større Kvadere fastholdes af Rundjærnsankre.

Kobberbøjler. Vil man opmure hele Klædningen paa een Gang, kan Stenbinderne erstattes med U-formede Bøjler af 5 mm Kobbertraad, der indlægges i Lejefugerne - 1 Bøjle for hver Sten - mindst 5 cm fra Synsfladen og med Enderne ragende ind i Betonen (Fig. 258,1).

Denne Fremgangsmaade muliggør ogsaa at bruge billigere Klædningssten, nemlig de saakaldte Brostensemner (§ 289) med $h = d = 20$ à 25 cm og $l = 40$ à 80 cm. De har Kløvflader ligesom Brosten og et svagt kileformet Tværsnit. Naar de bruges som Beklædningssten, bliver Fugefladerne svagt afrettede nærmest Synsfladen, saa denne faar nogenlunde retliniede Kanter, hvorved Fugetykkelsen kan begrænses til 2 à 2,5 cm. Stødfugerne i to Naboskifter forsættes mindst h cm for hinanden. Til Pillehjørnerne bruges større Sten f. Eks. 40 · 40 · 80 cm forankrede med 25 mm RundJærnsankre varmt forzinkede (Fig. 258,1).

Hvis Betonkærnen støbes i fuld Højde, inden Stenskallen opmures, maa Bøjlerne Indlægges i Bræddeformens Fuger, og disses Beliggenhed maa da afpasses efter Skiftegangen, hvilket er vanskeligt. Det er simplere at erstatte Bøjlen med to Enkeltraade, der anbringes i borede Huller i Bræddeformen; naar denne er fjernet, bøjes der Krog paa de udragende Ender.

259. Broer af Natursten er næsten udelukkende Buebroer. Man har Broer, der trods mangelfuld Vedligeholdelse har staaet i Aartusinder. Nu om Stunder er Betonbroer som Regel billigere, men man bygger dog stadig Stenbroer, dels i uciviliserede Egne, hvor man ikke kan skaffe paalidelig Cement og skolede Betonarbejdere, eller hvor Temperaturen er saa høj, at den vanskeliggør Fremstilling af god Beton, dels i Lande, hvor man vil støtte Stenindustrien; i Tyskland er der saaledes i de senere Aar bygget en Del Stenbroer for de nye Automobilveje.

Af Hensyn til Udseendet kombinerer man undertiden de to Materialer, navnlig ved Buebroer og Bropiller, og udstøber Betonen indenfor en Skal af Granit eller stærk Kalksten, og man maa da ligesom ved Vandbygværker (§ 258) sørge for den fornødne Forbindelse med Betonen, men Kravene behøver ikke at være saa vidtgaende.

260. Buebroers Sætning. Ved Opførelse af Buebroer - saavel massive Stenbroer som beklædte Betonbroer - er det vigtigt at undgaa Sætninger, der kan fremkalde Revner. Sætningerne skyldes delvis Fugemørtlens Svind og Sammentrykning; derfor bør man bruge saa store Blokke som muligt og fylde Fugerne (2 cm) med jordfugt Mørtel, der stampes ind. Fugernes omhyggelige Fyldning betyder mere end Stenens større eller mindre Sammentrykkelighed. En anden Aarsag til Revnerne er, at Stilladset sætter sig, efter at Fugemørtlen er hærdnet; man maa derfor helst oplægge Stenene tørt, støttede af 10 cm brede Trælister fastsømmede i Bueformen, og udskyde Fugefyldningen, indtil Stilladset er kommet i Ro; ofte indskrænker man sig til at lade en Fuge staa for hver ca. 3 m, nemlig over de støttende Stolper i Stilladset, og fylde Fuger til Slut. Se ogsaa E. Suenson: Jærnbeton 1907, S. 181.

Er Buetykkelsen saa stor i Forhold til Stenstørrelsen, at der bruges to Lag Sten (Fig. 260), kan Virkningerne af Stilladsets Sætning yderligere formindskes ved, at man først oplægges og sammenstøber det nedre Lag som nys beskrevet.

Dette vil da være bæredygtigt, og naar det øvre Lag henlægges efter samme Principer, bliver Sætningerne smaa.

Revnedannelsen kan ogsaa bekæmpes ved Brug af midlertidige Blyhængsler i Top og Vederlag fremstillede af 2 cm tykke Strimler af valset Bly med en saadan Bredde (Fig. 260,1), at Trykresultanten ikke kan falde udenfor

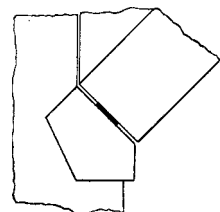


Fig. 260,1. Blyhængsel.

1) Se A. Englund: Brobygning, 1934.

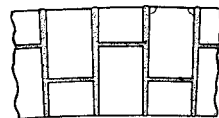


Fig. 260.

Iværnsnittets Kærne. Ved den første Udførelse af denne Art var Strimmelbredden $1/3$ af Fugens, senere har man formindsket den til $1/4$ à $1/5$ for at faa større Bevægelighed. Naar Buen afformes, sker der en Vinkeldrejning i Fugen, men Blyet afpasser sig efter den nye Spændingstilstand ved en Flydning, hvorved Trykket atter centrerer. Naar Buen er kommet i Ro, fyldes Fugen med Cementmørtel. En Blystrimmel som den her beskrevne flyder ved $\sigma = 120-150$ at, og man giver den gerne en Bredde svarende til $sC = 100$ at. Ved Brug af Antimonbly med $\sigma_F = 300-400$ at er man gaaet op til $sC = 140$ at. Undertiden har man ladet Blyhængslerne forblive uomstøbte og til Gengæld regnet med en 30% lavere Værdi af sC .

4. Husbygningssten.

a. Skalmuringsblokke.

a. Stenart og Blokform.

261. I Husmure bruges Natursten kun som en Skal, da de er dyre, varmeledende og lidet brandsikre (§ 51). Skallen kan bestaa af tynde Plader, der først Opsættes efter Husets Opførelse (§ 265-80), eller af mer eller mindre massive Skalmuringsblokke, der henmures samtidig med Bagmuren og i mer eller mindre godt Forbandt med denne (Fig. 261), og kun disse skal omtales her.

Skalmuringsblokke bruges kun i Forbindelse med Bagmur af Tegl, bortset fra Sokkelsten, der undertideli bagstøbes. Bagmuren kan være en Feltudfyldning i et Skelet-hus, eller den kan være bærende. For en saadan sammensat Mur regnes med samme tilladelige Spænding som for Bagmurens Materiale. Skal Huset være særlig brandsikkert, bør man overhovedet ikke regne Skallen bærende, med mindre Bagmuren har en passende selvstændig Bæreevne under en Brand.

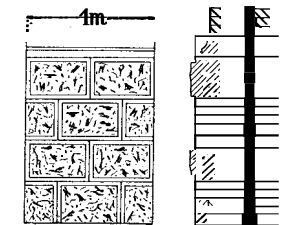


Fig. 261. Blokkklædning.

Stenarten maa være vejrfast, navnlig for Sokkelens, Gesimsens og lignende udsatte Deles Vedkommende; paa disse Steder er Granit at foretrække, ellers er Kalksten og Sandsten mest brugt.

Blokformer som Kyklopblokke og Raakvadere bruges mest i Nærheden af Stenbruddene (§ 251-2). Her omtales kun Blokke med finere Tildannelse. Om Størrelsen se § 253.

Blokdybden varierer af Hensyn til Forbindelsen med Bagmuren, men da Klædningen kun anbringes for Overfladevirkningens Skyld, og da den er dyrere og mere varmeledende end Bagmuren, føres Blokkene ikke dybere ind i denne end nødvendigt for Forbandtet. Forbindelsen med Bagmuren bliver bedst, naar man inddeler i Løber- og Binderskifter og afpasser Blokdybden saaledes, at Bagmuren kan opføres af Teglsten i Normalformat (Fig. 261); Løbere og Bindere kan da gøres henholdsvis 11 og 23 cm dybe, men Blokkene bliver dyre, naar de skal være saa regelmæssige. Ofte tillader man, at Blokkenes Bagside er lidet tildannet, og at deres Dybde varierer mellem 15 og 23 cm 1), som det passer Stenhuggeren. Forbindelsen med Bagmuren bliver da altid mer eller mindre mangelfuld, og Muren som Helhed svagere end en massiv Teglstensmur af samme Tykkelse paa Grund af Materialernes forskellige Sammentrykkelighed og ringe Tværforbindelse (§ 85). Forbindelsen bliver bedre, naar Teglstensmuren holdes lidt tilbage, og Mellemrummet udstøbes med Beton, men denne Fremgangsmaade kan have Ulemper (§ 255).

1) Skal Granitstens Dybde holdes under 13 cm, forøges Prisen.

Tildannelsen omtales i § 253. Granitblokke kan kræves fremstillede af vejrfast og stærk Granit med ensartet Farve og Struktur uden Lapninger eller andre Fejl, nøjagtigt efter Tegningerne, de indskrevne Maal og nærmere Arbejdstegninger. Arbejdet skal i alle Maader være vel udført med ligelig, ensartet Behugning i de angivne Hugningsgrader. Alle Kanter skal være snorlige og skarpe. Fuge- og Lejeflader tildannes omhyggeligt; de skal være afbanede i mindst 5 cm Bredde, og de afbanede Flader skal staa vinkelret paa Forfladen.

Sokkelsten er i højere Grad end de fleste andre Husbygningssten udsat for saavel Frostskade som Skorpedannelse (§ 129-30). Bedst egnet er tætte Sten som Granit. Kalk- og Sandsten bør kun bruges, naar man har Erfaring for deres Holdbarhed; de bør have ringe Selvmætningsevne (§ 102) og ringe Styrketab ved Vædning (§ 138).

Da de kun danner en mer eller mindre tynd Skal, der er af underordnet Betydning for Murens Styrke, er de Krav, der stilles til Længden, overvejende bestemt af æstetiske Hensyn, og de Krav, der stilles til Dybden, ret vilkaarlige. Af Hensyn til Prisen bør man tillade en passende Længdevariation. Hvis man vil sikre sig mod, at de fra Fortovet tilbagespringende Vanddraaber rammer Muren over Sokkelen, bør denne ikke være lavere end 50 cm (§ 134), men ofte er den langt lavere.

Sokkelsten af Granit, der kun anvendes i et enkelt Skifte, er gerne 40-50 cm høje, hvoraf 8-15 cm ligger under Jordlinien. Undertiden forlanges, at Dybden skal være mindst Halvdelen af Højden. Undertiden kræves Blokkene mindst 125 cm lange, idet der dog undtagelsesvis tillades kortere Stykker, forudsat at disses Dybde er mindst $\frac{3}{4}$ af Højden. Ved Fremstilling af Sokkeler for Teglstøtmure tillader man undertiden, at Bloklængden varierer mellem 60 og 125 cm, og forlanger, at der for hver 2 m indlægges en Binder, hvis Dybde er lig Højden.

Den øvre Lejeflade, paa hvilken Teglmuren skal opføres, kræves undertiden afbanet i mindst 8-12 cm Dybde. Synsfladen hugges oftest til Grad II (§ 244).

Varmeisolering af Boligmures Inderside er nødvendig, hvis Bagmuren (Tegl) er tyndere end 1 Sten. Bruges enkelte Steder gennemgaaende Blokke - f. Eks. ved Vinduer - maa de beklædes med varmetætte Plader for ikke at fremkalde Dugdannelse.

Piller og Søjler af Natursten er lidet brandsikre (§ 51) og bør derfor som Regel ikke regnes bærende. Bærende Piller fremstilles hyppigst af Beton (§ 257), Teglsten eller Klinker og beklædes.

Massive Søjlers Fremstilling er omtalt i § 239 og 248, deres Opmuring i § 257, tilladelig Spænding i § 85.

β. Blokkenes Formuring og Forankring.

262. Formuringen sker oftest som beskrevet i § 255 under (2) eller (eS). Er Blokken porøs' og tynd, bør den ikke bagstøbes, uden at dens Bagside beskyttes mod Bagstøbningsvandet (§ 275). Naar et Skifte er opstillet, kan man da jævne Fugerne bagfra med Cementmørtel og overstryge Bagsiden med Asfalt (§ 139). Synsfladerne kan beskyttes mod Mørtelstænk ved Indslæmning med Ler eller Dækning med Papir, Brædder eller andet egnet Materiale.

Bagmuren bør opføres i en hurtigstørknende Mørtel - f. Eks. 1 Maal CM 1:3 + 2 Maal KM 1:5 - ellers vil dens mange Fuger medføre en stærkere Sammensynkning, end Formuren, der kun har faa Fuger, kan følge med til.

Det samme er Tilfældet, hvis Naturstenen kun bruges til Indramning af Muraabninger; Fig. 262 viser en saadan Vinduesaabning, hvis Overligger er aflastet af en Jærnbetonbjælke; efterhaanden som Teglstenspillen T sætter sig, mens Naturstenen N beholder sin Højde, vil Overliggeren O komme til at bære hele Muren og knække, og da Vægten gennem N føres ned til Saalbænken S, kan ogsaa denne knække (opad), hvis ikke N knuses forinden. Vil man ikke

bruge en hurtigstørknende Mørtel, maa Naturstenenes Indbygning udskydes, indtil Muren har sat sig. For Saalbænkens Vedkommende kan man hindre Knækning ved kun at undermure Enderne og iøvrigt holde en Luftfuge, der først fyldes, naar Muren er kommet i Ro, men denne Forholdsregel hindrer ikke N's Knusning. Mangler N, vil disse Kalamiteter ikke indtræde.

Den fremspringende Del af O skal helst have tydeligt Fald udefter" og Saalbænkens Skraaning bør indtil forløbe mod en lodret Flade, der hindrer Blæsten i at drive Vand ind bag Saalbænken. Denne og Rammens øvrige Dele bør ikke være saa dybe, at de faar Berøring med Stueluften, hvilket om Vinteren kan medføre Dugdannelse.

Fugetykkelsen maa afpasses efter Formuringsmaaden og efter Fugefladernes Planhed og Dybde. Ved Husbygning vælges den gerne i Overensstemmelse med Synsfladernes Behugningsgrad mellem 3 og 15 mm. Ofte foreskrives højst 5 mm for saavel Leje- som Stødfuger, naar Synsfladen er fint tildannet, og højst 10 mm, naar Synsfladen er en raa Kløvflade. Saa tynde Fuger maa fyldes ved Udløbning og saa tynde kan de kun blive, naar Fugefladen har ringe Dybde (§ 255,3). Hvis Mørtlen stemples ind: vil 15 mm ofte være passende. Om Facadepladers Fugning se § 278.

263. Ankre. Naar Blokkene har en saadan Form eller Beliggenhed, at de staa i Fare for at kunne bevæge sig i Forhold til hinanden eller i Forhold til Bagmuren, kan de fastholdes med Klammer eller Dupper.

Klammer af den i Fig. 263 og 269 viste Form og Ankre af beslægtede Former (§ 270-2) bruges som Bindeled mellem en Mur og tynde Beklædningsplader eller spinkle Indramningssten som N i Fig. 262. Endvidere bruges Klammer tværs over Stødfugerne mellem Dæksten eller Trappesten i fri Luft, for at Frosten ikke skal skubbe Stenene fra hinanden.

Dupper (Fig. 263,1) bruges til at hindre to Sten i at forskyde sig i Forhold til hinanden, naar der intet Murværk er, i hvilket de kan forankres. De bruges f. Eks. i fritstaaende Pillers vandrette Fuger og som Bindeled mellem Stensokkel og Stensceptre ved Indhegning af Gravsteder. Deres Højde kan variere fra 4 til 20 cm; de lange Dupper bruges til at hindre slanke Piller i at vælte.

Baade Klammer og Dupper bør være af Bronze, ikke af Jærn, da dette rustet og sprænger Stenene (§ 105). De indføres i huggede eller borede Huller og faststøbes med Bly, der efterstemmes, eller Cement (§ 144). Se iøvrigt § 269-73.

γ. Gesimsers Stabilitet.

264. Gesimssten skal gaa saa dybt ind i Bagmuren eller forbindes saa solidt med denne, at de ikke kan vippe; de maa ikke regnes støttede af Tagværket, hvis denne Støtte kan svigte under en Brand. Sikkerheden mod Vipning bør være mindst 1,5, og Vipningen bør regnes at ske om en Linie" der ligger 3 cm Indenfor den upudsede Murflade, bl. a. af Hensyn til, at Fugemørtlen i Tidens Løb kan falde ud.

For den i Fig. 264 viste Gesims bør man saaledes undersøge, om man har'

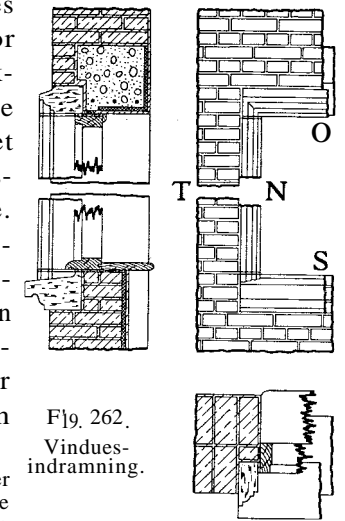


Fig. 262.
Vinduesindramning.

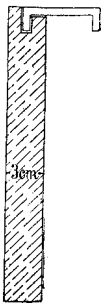


Fig. 263.



Fig. 263,1.

Sikkerheden 1,5 mod Vipning om hvert af de 3 Punkter A, B og C. Hvis den øverste Kvader vipper om A, vil dens indre Endeløfte Teglstensmurens 3 øverste Skifter og derved modtage et nedadgaaende Tryk P_1' . Hvis de to øverste Sten samlede vipper om B, vil samme Tryk P_1 være virksomt. Hvis alle 3 Sten vipper om C, vil Teglstensmurens 8 øverste Skifter medvirke til Stabiliseringen med en større Kraft P_2 .

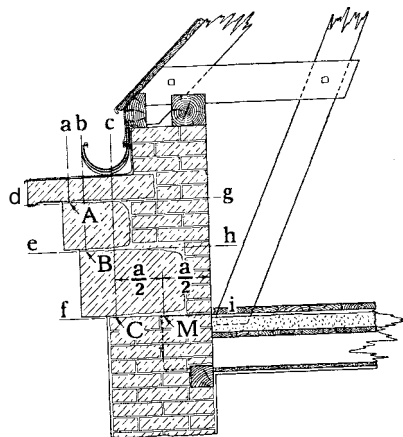


Fig. 264.

Trykkene P_1 og P_2 kan simplest sættes lig med Vægtene af de Murstrimler, der ligger lodret over de paagældende Kvadere, svarende til, at der danner sig lodrette Brudflader i Forlængelse af Kvadernes Bagflader. Vil man regne nøjagtigere, maa man skønne over Brudfladernes virkelige Forløb; som Forholdene er i Fig. 264, vil en Vipning om C utvivlsomt medføre en vandret Brudlinie i Fugen over e-h, saa P_2

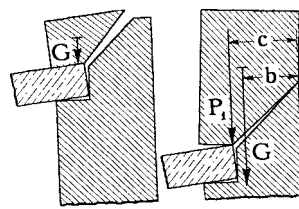


Fig. 264,1. Fig. 264,2.

bliver lig med hele Bagmurens Vægt over denne Fuge, men oftest er Beliggenheden af Bagmurens Fuger ubekendt paa Tidspunktet for Stabilitetsberegningens. Opstilling, og der vil derfor være en Række mulige Forløb af Fugerne og dermed af Brudlinierne at gennemtænke. Formentlig vil det dog altid være forsvarligt at regne med Brudlinier stigende under 45° fra Kvaderens opadvendende Bagkant som vist i Fig. 264,1-264,2. Hvis det saaledes fraskilte Murprisme vejer G, kan man enten have $P_1 = G$ (Fig. 264,1) eller $P_1 = \frac{b}{c} \cdot G$ (Fig. 264,2).

Stabilitets- og Styrkeberegningen skal altsaa omfatte følgende Punkter:

- (A) Momentet om A af Kvadervægten i Vinkel ad skal være $\leq \frac{2}{3}$ af Momentet om A af (1) Kvadervægten i Vinkel ag og af (2) Kraften P_1 ;
- (B) Momentet om B af Kvadervægtene i Vinkel be skal være $\leq \frac{2}{3}$ af Momentet om B af (1) Kvadervægtene i Vinkel bh og af (2) Kraften P_1 ;
- (C) Momentet om C af Kvadervægtene i Vinkel ef skal være $\leq \frac{2}{3}$ af Momentet om C af (1) Kvadervægtene i Vinkel cl og af (2) Kraften P_2 ;
- (D) Naar lodrette Trykspænding σ i Punkterne A, B og C maa — idet den Del af Muren, der ligger udenfor A, B og C ikke regnes støttende — højst være 25% større end den for centralt Tryk tilfaldt σ bestemmes af følgende Udtryk:

$$\sigma = \frac{N}{A} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{e}{a}\right) \text{ for } e \leq \frac{a}{6} \quad \text{eller} \quad \sigma = \frac{2}{3} N : \left(\frac{a}{2} - e\right) \text{ for } e > \frac{a}{6}$$

N er Normalkraften i den paagældende vandrette Fuge og lig Summen af de vippende og de stabiliserende Kræfter i lb. cm Gesims. a er Murtykkelsen i den nævnte Fuge, som paaskrevet for Fugen f-i. e er N's Afstand fra Murens Midte, altsaa fra M, hvis det er Fugen f-i, der undersøges.

(E) Naar øverste Gesimskvader er saa fremspringende som i Fig. 264, bør man forudsætte, den kan blive belastet med en Mand; man kan passende regne med 50 kg/m langs Forkanten. Det er Kvadren er ført ind i Bagmuren, ellers vilde det ikke have været nødvendigt.

b. Beklædningsplader.

a. Oversigt.

265. Ved Beklædning af murede Huse bruges i stigende Grad tynde Plader i Stedet for Blokke, da der derved spares Penge og Plads. Paa høje Sokler har man i mange Aar brugt Plader til Feltudfyldning mellem fremspringende Baand; i Fig. 265a er vist en udkløvet Plade, i Fig. 265b en savskaaren. Hvis saadanne

Plader fremstilles af lagdelte Sedimentsten med Lagene paa Ørplant, maa den øvre Kant dækkes, eller sikres, a en sprænges af Frost. Paa de moderne glatte Facader bruges slet ikke Blokke" kun Plader og disse er som Regel savskaarne.

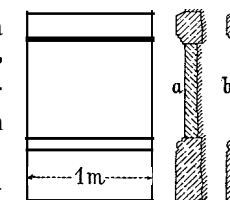


Fig. 265. Pladebeklædning.

Ved Beklædning af støbte Huse bruges næsten udelukkende Plader, da man ikke kan støbe de tynde Vægge i Forbandt med Blokke. Den stigende Brug af støbte Huse har i nogen Grad neutraliseret den almindelige Tilbagegang i Anvendelse af Natursten til Hushygning, for i man ved en kladebeklædning omgaar Vanskelighederne ved at give selv Betonen en smu og holdbar Overflade

Punkterne ved at erstatte svære Stenblokke med tynde, skaarne Plader kan sammenfattes i følgende

- (1) Det mindre Stenforbrug; afloes Arbejdsforenkling saavel paa Byggepladsen som paa Værkstedet, hvor Stenhuggerens Arbejde
- (2) Pladsbesparelsen, der navnlig er af Betydning, naar Huse Tykkelse behøver ikke at overstige 3-4 cm indbefatt Mortelfugen; skal beklædes; Klædningens
- (3) Væggens større Varmetæthed, saafremt Lag. Besparelsen i Naturstenstykkelse bruges til at forøge varmetætte

Da man kun har en kortvarig Erfaring for de tynde S, kalleres Holdbarhed, er der dog stadig mange, der foretrækker den ældre Byggemaade (§ 261). n e

Angaaende Brugen af keramiske Plader og Eternitplader af Beton og Murværk (Beton-Teknik 1941, Nr. 1). Pa er henVises til E. Suenson: Pladebeklædning

Pladerne opsættes først, efter at Betonen er afformet, eller efter at Bagmuren har sat sig, da de ellers kan knuses under Bagmurens Sætning (§ 262).

Pladernes Fastholdelse til Bagvæggen sker ved Hjælp af vandrette Metalankre og Mortel, f. Trækankre, der skal forhindre Pladen i at vælte fremefter, eller Bæreankre, der skal bære Pladens Vægt. Mortlen kan enten anbringes paa Væggen, inden Pladen opsættes, eller hældes ned bag den opstillede Plade.

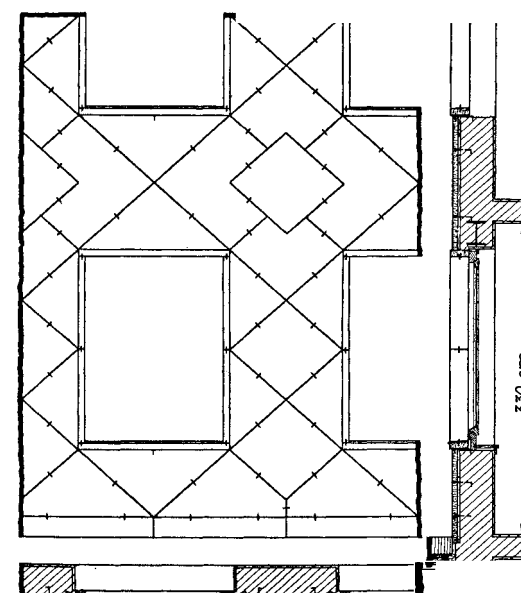


Fig. 265, 1 R. h. kal... kredit A.G. i Berlin. 6 cm Muslingeksten, 2 cm fra Bagmuren. Ankrens Plads er mærkede med korte Tværstreger.

Pladernes Afstand fra Bagvæggen maa fastsættes, inden Huset opføres, og være saa stor, at muffige Buler i Væggen ikke naar frem til Pladernes Bagside; jo større Facaden og Pladerne er, des større maa Afstanden fastsættes. Hvis Pladerne bagstøbes, maa Afstanden uden være saa stor, at Bagvæggens Sugning ikke standser Mortlen, inden denne har naaet Spaltens Bund; Beton suger kun lidet, men Tegl stærkt, Sugningen kan formindskes ved forudgaaende Vanding. Skal Pladerne bagstøbes, bør man næppe nogen Sunde regne med mindre Afstand end 1,5 cm ved Betonhuse, selvom de er støbt i vel afstivede Forme, og 2 cm ved Teglhuse; undertiden gaas op til 5 cm. Skal Pladerne ikke bagstøbes, kan Minimumsværdien sættes til 1,5 cm for baade støbte og murede Huse; kun hvis nogle faa m skal beklædes, vil man kunne gaa ned til 1 cm.

Pladernes Overfladebehandling efter Savningen kan være forskellig; som Regel slibes; Polering bruges kun indendørs (§ 279-80), eller hvis Stenen er syrefast. Svenske Granitplader i mdh 15 cm Tykkelse leveres sandblæste (30 Kr. 1 m²), afsyrede (30 Kr. 1 m²), grovslebne (37 Kr./m²), finslebne (47 Kr./m²). Priserne er i s k K Emballage og Føsendelse. vens er. ekscl.

ved at give Bagmuren den fornødne Tykkelse, medens støbte Huse forsynes med varmetætte Plader paa Indersiden. I nogle Tilfælde har man, inden Stenpladerne blev opsat, paa Facaden, sammenstøbt dem med et 7-10 cm tykt Lag Letbeton efter en forudgaaende Udkastning a vandtæt Mortel paa Pladernes B. ide.

β. Pladernes Dimensioner.

266. **Pladestørrelsen** kan være meget betydelig, hvis man vil betale, hvad det koster, men det er dog yderst sjældent, at man udkærer Pladerne større end angivet i Tabel 1, og de Plader, man opsætter paa Facaderne, er normalt meget mindre. Brugen af mindre Plader mellem de større (Fig. 267,4) vil ofte være økonomisk, da man derved kan udnytte de fra Ramme-saven kommende store Plader bedre.

Tabel 1. Pladers maksimale Størrelser og normale Tykkelser.

	Største Flade m ²	Alm. Tykkelse cm
Marmor	1,8 · 3,5	2-4
Travertin	1,5 · 2,5	2-5
Opdalstenen	1,5 · 2,0	2-5
Granit	1,0 · 2,5	3-7
Neksø Sandsten	1,0 · 2,5	3-6
Tavleskifer	1,0 · 2,0	2-4
Olandsten	1,0 · 2,0	2-4
Basalt	1,0 · 1,5	2-4
Faksemarmor	0,8 · 1,8	2-5

Tabel 2. Stenarter.

A		B	
Granit		Neksø Sandsten	
Gneis		Bremer »	
Labrador			
Solvaag		C	
Marmor		Mellemhaard Faksekalk	
Haard Faksekalk		Cotta Sandsten	
» Travertin		Salamandre Travertin	

Tabel 3. Mindste Pladetykkelse.

	Stenart	Største Areal m ²	Mindste Tykkelse cm
Vandrette, ophængte Plader	A B C	0,8	3
Lodrette Plader indendørs i indtil 3,5 m Højde over Gulv og udendørs indtil Stueetagens Overkant	A	1,5	2
	B C	1,0	3
	A	0,5	2
	B	1,0	3
Lodrette Plader andre Steder	C	0,5	3
		1,0	4

Pladetykkelsen maa afpasses efter Pladens Størrelse og Stenens Bøjningsstyrke. Mindste Tykkelse, der udkæres, er den i Tabel 1 indførte, og denne Tykkelse er mest brugt i Danmark, saafremt Pladestørrelsen tillader det. For meget skrøbelige Sten er Minimumstykkelsen dog større. Forholdet mellem Pladens Tykkelse og største Længde kan være des mindre, jo større Materialets Bøjningsstyrke er, men denne er kun delvis kendt. *Københavns Bygningskommission* indleder Stenarterne i 3 Grupper (Tabel 2) og fastsætter Minimumstykkelsen i Forhold til Pladens Areal (Tabel 3).

Overstiger Pladestørrelsen Tabellens Værdier, maa Tykkelsen i hvert enkelt Tilfælde godkendes.

γ. Forbandtet.

267. Som Regel sættes Pladerne i Forbandt ligesom Kvadersten (Fig. 267 og 267,1), men i de senere Aar træffer man ogsaa Opsætningsmaader, der tydeligt tilkendegiver, at Pladerne ikke er bærende. Idet disse opsættes med gennemgaaende lodrette Stødfuger; de vandrette Fuger kan da enten være gennemgaaende (Fig. 267,2 og 267,3) eller forsatte (Fig. 267,4).

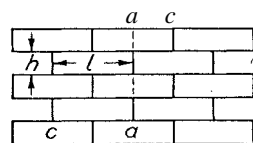


Fig. 267. Hirschsprungs Museum, København. Botticinomarmor.

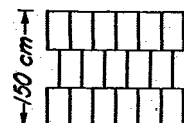


Fig. 267,1. Radiofonihuset, København. Brændte Lerfliser.

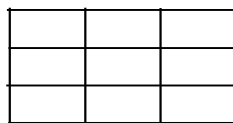


Fig. 267,2. Haus der Schweiz, Berlin. Muslingekalksten.

Undertiden anvendes et rutet Mønster med Fugerne liggende under ca. 45° (Fig. 265).

Det er ærfligst at sætte Pladerne uden Forbandt, og det medfører den Fordel, at Pladerne ikke revner, naar de trækker sig sammen i koldt Vejr, idet Revnerne kommer i Fugerne.

Er der Forbandt, kan Pladerne revne i Forlængelse af Stødfugerne i Naboskifterne (Fig. 103), saafremt den Kraft, der kræves til at danne en Revne a-a (Fig. 267), er mindre end den Kraft, der kræves til at danne en Zlg-zag-Revne c-c i Fugerne.

Hvis Stenens Trækstyrke er S_{st}^t og Stødfugens S_{fu}^t , mens Lejefugernes Forskydningsstyrke er S_f^t , vil a-a være det svageste Snit, saafremt $S_{st}^t < S_{fu}^t + \frac{l}{h} \cdot S_f^t$, og Faren for, at Stenen revner, vil følgelig vokse med $\frac{l}{h}$.

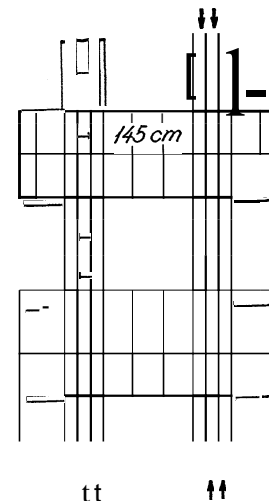


Fig. 267,3. Dagmarhus i Kbhvn. Faksekalk og Travertin. I de stærkt optrukne Fuger ligger Asfaltstrimler; de vandrette under Vinduerne er 2 mm tykke, de vandrette over Vinduerne og de lodrette er 4 mm tykke. Se Fig. 273,2.

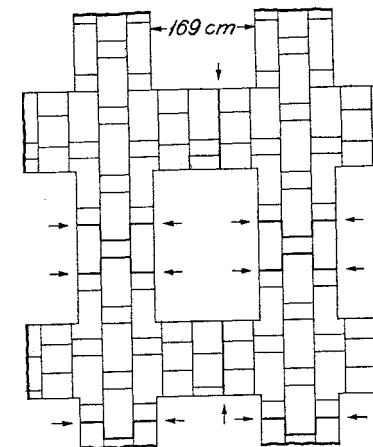


Fig. 267,4. Tandlægeskolen i Kbhvn. Faksekalk. I de stærkt optrukne Fuger ligger 2 mm Asfaltstrimler (Fig. 271,1). Der er 9 m mellem de lodrette Asfaltfuger.

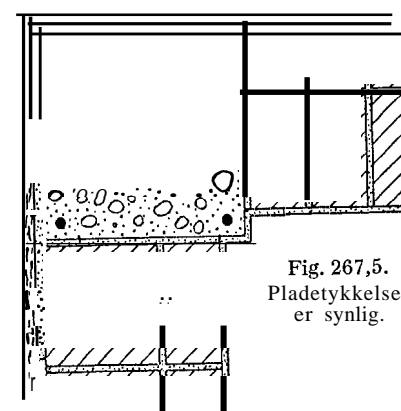


Fig. 267,5. Pladetykkelsen er synlig.

Svage Plader bør ikke sættes i Forbandt, eller ogsaa bør de være korte i vandret Retning og fuges med en svag Mørtel.

Kvaderstensforbandtet i Fig. 267 er tiltvandt og giver et tiltalende Indtryk af Soliditet og er derfor meget brugt. Forbandtet i Fig. 267,1 har i Henhold til ovenstaaende den Fordel, at Pladerne er mindre udsat for at revne.

Facade- og Pillehjørner ser ikke godt ud, naar Pladerne viser deres ringe Tykkelse (Fig. 267,5). Et smukkere Hjørne faar man ved at tildele Pladerne i Overensstemmelse med Fig. 267,6.



Fig. 267,6. Pladetykkelsen er usynlig.

δ. Pladernes Bæring.

268. Den Adhæsiionsforbindelse, som Mørtlen tilvejebringer mellem Plade og Bagvæg, vil maaske i Begyndelsen kunne bære Pladens Vægt, men i Tidens Løb kan Pladen løsne sig under Indflydelse af Temperaturvariationer. Ser man bort fra Adhæsiionen, maa Klædningen betragtes som en selvstændig, tynd Mur, der er opmuret paa Fundamentet eller paa Konsoller over Muraabningerne, og for at den ikke skal bøje sig ud, maa den fastholdes til Bagmuren af et passende Antal Trækankre.

Man maa imidlertid indrette sig paa, at enkelte Plader kan ødelægges ved Ildebrand eller Paakørsel, uden at hele Klædningen styrter ned, og derfor - selvom der ingen Muraabninger findes - forsyne Bagvæggen med en eller anden Form for fremspringende Konsoller, der kan bære Pladerne, f. Eks. for hver Etage eller hver 3 m. Maaske er dette ikke absolut nødvendigt, idet man nemlig for hver enkelt Plades Vedkommende kan opløse dens Vægt i en vandret Trækraft, der optages af Trækankrene, og i en skraa Trykkræft, der gennem Mørtlaget overføres til Bagvæggen, svarende til Forholdene i en Jærnbetonbjælke, hvis vandret forskydende Kraft optages af Bøjler, men da det kan ske, at denne Spændings-tilstand først indtræder efter en ikke uvæsentlig nedadgaaende Bevægelse, er Konsolsystemet at foretrække.

En særlig solid Befæstelse opnaas med Stenskruer, der føres ud gennem borede Huller i Pladen, og hvis Møtrik kan formes som en Bronzeroset, men som Regel bruges skjulte Konsoller; de kan udformes som (1) Binderskifter, (2) paaboltede Vinkeljærn, (3) Bæreankre.

Binderskifter for hver Etagehøjde bruges undertiden i Skelethuse med Murværksfyldinger (Fig. 268), men er navnlig paa deres Plads i helmurede Gavle uden Muraabninger. Skiftet bør ikke lægges lige over Gulvet, men 1 eller 2 Skifter over dette, saa det kan gennemføres retliniet, selvom Gulvkoten varierer nogle cm som Følge af unøjagtigt Arbejde.

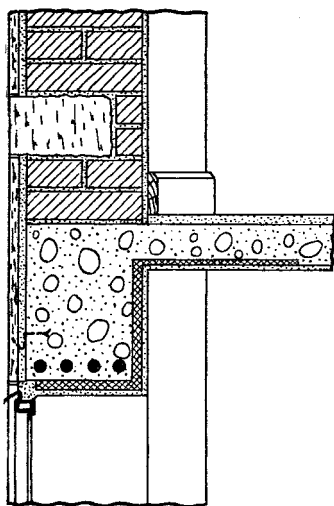


Fig. 268. Binderskifte.



Fig. 268,1. Vinkeljern til Bæring af Skalmur.

Vinkeljern bruges navnlig, naar Betonhuse med brede Vinduer skalmures med Teglsten, idet det da er bekvemt at have en kontinuerlig Bæreflade over Vinduerne, og en saadan kan ogsaa være ønskelig ved Brug af Natursten, saafremt fremspringende Baand eller Gesimsers skal bæres. Fig. 268,1 viser en Automobilfabrik i Chicago, hvor man i Facadebjælkerne over de brede Vinduer med ca. $\frac{1}{2}$ ro Afstand har indstøbt smaa Jærnæsker, hvis udadvendende Aabning har en saadan Form, at man efter Afformningen kan stikke et Boltehoved ind og faa det til at sidde fast, ligesom man anbringer en Sikkerhedskæde paa en Køkkendør. Paa denne Maade fastboltes der lidt over Vinduerne et gennemgaaende Vinkeljern, hvis vandrette Flig bærer Stenklædningen oven over og desuden er forsynet med Huller, i hvilke den underhængende Gesims fastboltes. I Italien kan man se smaa, forzinkede Vinkeljern 50 • 30 mm fastgjort over Vinduerne til Bæring af de overliggende 4 cm tykke Plader.

De Vanskeligheder, der knytter sig til Gesimsers Fastgørelse paa pladeklædte Betonhuse, overvinder man undertiden lettest ved at fremstille Gesimsen af fabriksstøbte Kunststen med udragende Jærn, der indstøbes i Facaden. Se ogsaa Fig. 269.

Bæreankre er den almindeligste Form for de bærende Konsoller; de omtales i § 271.

ε. Ankrene.

269. Man kan skelne mellem 3 Ankerformer (Fig. 269):

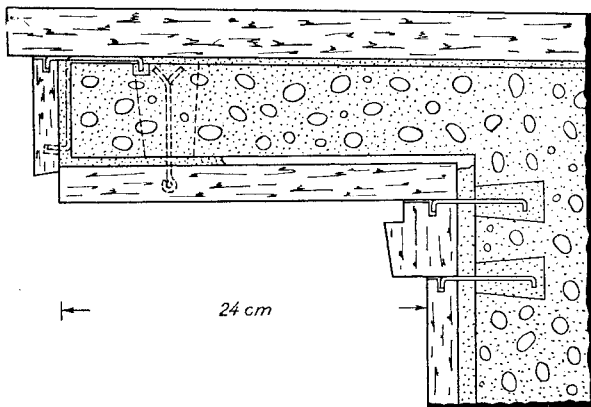


Fig. 269. Stenklædt Jærnbetongesims paa Deutsche Rev. & Treuhand A.G. i Berlin. 3 Trækankre af 6 mm Rundmessing nedfældede 2 mm i Pladerne, saa de vandrette Fuger bliver 4 mm tykke. Til venstre et Bæreanker og et Hængeanker. Trækankrene sættes 15 cm tilhøjre og tilvenstre for hver Stødfuge, de øvrige sættes i Stødfugerne.

(1) Trækankre, der kun tjener til at holde Pladen ind mod Bagvæggen, da de ikke kan optage væsentlige bøjende Momenter (§ 270).

(2) Bæreankre, der tillige bærer Pladens Vægt (§ 271).

(3) Hængeankre, der bruges ved Loftsbeklædning (§ 280).

Anker materialet kan være Kobber, Tinbronze eller en anden, lige saa modstandsdygtig Legering. Messing bør ikke bruges, da dette hurtigt tæres af det alkaliske Mørtelvand. Brugen af forzinket eller fortinnet Jærn er risikabel; der maa i alt Fald lægges Vægt paa, at Metalovertrækket er upaaklageligt. Bæreankre, der skal være særlig stærke, fremstilles undertiden af rustfast Staal.

Har Ankeret en saadan Form, at det kan klippes ud af en valset Plade, er Kobber at foretrække, da man ikke paa en Kobberlegering kan se, hvad den indeholder. Har Ankeret en saadan Form, at det maa støbes, er man henvist til at bruge Bronze, da rent Kobber ikke er støbeligt, og bruger man en tinfattig Le-

gering med Kobber: Tin = 94 : 6 $\frac{1}{2}$ 97 : 3, kan Ankrene efter Støbningen formes ved kold Bøjning (Fig. 270,3), hvis det er fornødent.

Ved Træk- og Bøjningsforsøg i *Laboratoriet for Byggeteknik* fandtes for saadanne Ankre, der angaves at være støbt af 97% Kobber + 3% Tin, de i efterfølgende Tabel Indførte Værdier af Elasticitetstal (Kordeværdien) og Trækstyrke samt af den ved Trækforsøget fundne Brudforlængelse c_1 maalt paa de Strækninger, hvor den var upaavirket af Indsnøringen paa Brudstedet. Trækflydegrænsen, bestemt som den Spænding, ved hvilken den plastiske Forlængelse udgjorde 0,2% af Maalelængden. Flydegrænsen var ikke skarp - laa ved 960 at for de spinkle Stænger og ved 830 at for de svære. Ved Bøjningsforsøgene fandtes en jævnt krum Arbejdslinie, hvis Forløb kun bestemtes indtil $\sigma =$ ca. 2000 at.

Tværsnit mm	St at	c_1 %	Et: 1000 ved $\sigma =$				E^b : 1000 ved $\sigma =$		
			0	500	750	-850	0	1000	1500
3-15	1230 ¹⁾	2,5	960	860	590	460	1050	1000	800
	2180	14,0	1130	1060	990	710	1240	1080	800
5-30	2240	12,9	1090	860	460		1090	880	540
	2150	15,7	11100	820	430		990		400

1) Blærer i Brudtværsnittet.

270. Trækankre kan være (1) Enkeltankre eller (2) Dobbeltankre.

(1) Enkeltankre, der navnlig brugtes i ældre Tid, fastholder kun Pladens øvre Kant (Fig. 269). De kan fremstilles af Bronzeraad med $d = 0,1a + 1$ mm, hvor a er Pladetykkelsen i mm; dog gaar man sjældent over 6 mm. D-ekan let afklippes og bøjes paa Byggepladsen, men som Regel fremstilles de paa Værksted. En svensk Form til Brug i Teglstensmurværk er vist i Fig. 273.

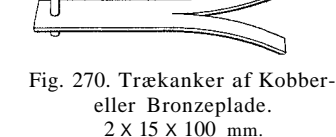


Fig. 270. Trækanker af Kobber eller Bronzeplade. 2 x 15 x 100 mm.

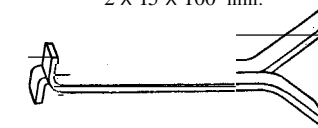


Fig. 270,1. Anker af Kobberplade, Tykkelse 2-3 mm, Brede 15-30 mm.

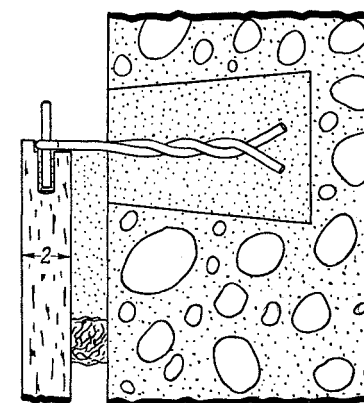


Fig. 270,2. Traadanker fremstillet paa Stedet.

(2) Dobbeltankre, der nu er de mest brugte i Danmark, fastholder to Plader. De bestaar hyppigst af en flad Strimmel med indrevet Dorn (Fig. 270). Slige flade Ankre kan have et større Tværsnit end de runde og dog finde Plads i Fugen. De gøres hyppigst 3 mm tykke og 15 mm brede. Dornen gøres 3 mm tyk og saa lang, at den gaar mindst 1 cm ind i hver Plade. Dornen er utvivlsomt Ankerets svage-

ste Led, og naar den gøres saa spinkel, er det for ikke at svække Pladekanten for meget. Hvis Pladen har den fornødne Styrke, kan man paa Værkstedet fræse en Længderille i Kanten, hvorved man dels opnaar at kunne bruge det i Fig. 270,1 viste baade stærkere og billigere Anker, dels at kunne anbringe dette eller det almindelige Dornanker-hvorsomhelst uden at bore for.

Dobbeltankre kan ogsaa fremstilles paa Stedet af Stenhuggeren og da af 3-5 mm tyk Traad af Kobber, Bronze eller rustfast Staal (Fig. 270,2).

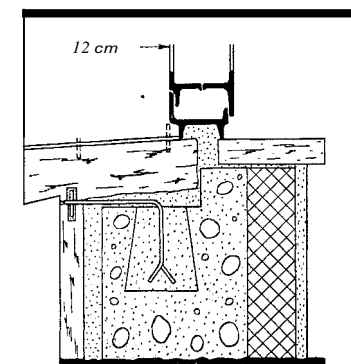


Fig. 270,3. Lodret Snit i Vindue i Dagmarhus. Saalbænken (Travertin) er forbundet med de lodrette Karmstykker ved Hjælp af Dorne og er selv fastholdt til Jærnbetonbrystningen ved vinkelformede Bronzeankre, 2 for hver af de lodrette Plader (Fig. 267,3). Brystningen er varmeisoleret med Korkplade.

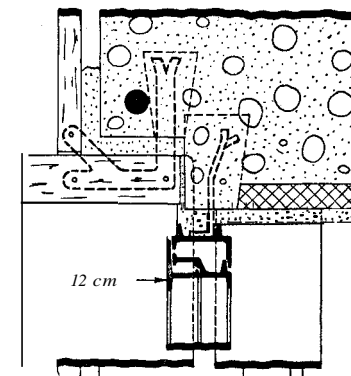


Fig. 270,4. Vandret Snit i Vindue i Dagmarhus. Hjørneanker af Bronze med 3 Dorne fastholdende den lodrette Karmstens Ende og den tilstødende almindelige Beklædningsplade.

Ankre i Muraabninger og Murhjørner maa undertiden bøjes for at kunne indstøbes solidt i Muren (Fig. 270,3) eller være flerfligede med 2-3 Dorne til Fastholdelse af flere Plader (Fig. 270,4 og 273,2).

27t. Bæreankre fremstilles hyppigst med rektangulært Tværsnit og af en stærk Bronze eller rustfast Staal.

Ankre i vandrette Fuger kan formes som Fig. 271-271,2 og 273,1 viser. I Fig. 271 er der kun Friktionsforbindelse mellem Plade og Ankre, og ogsaa Ankrene i Fig. 271,2 og 273,1 udføres undertiden

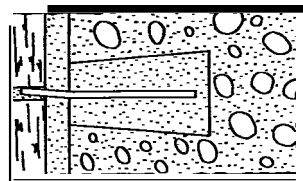


Fig. 271. Bæreankre af rustfast Staal, 6 x 40 mm, splittet i højre Ende.

paa denne Maade, men i Tilfælde af stærke Rystelser eller Sætninger er det nyttigt, at Ankeret griber ind i Pladen paa en af de viste Maader. Ankre som Fig. 271,1 bruges paa Tandlægeskolen i København (Fig. 267,4); de gaar 6 cm ind i Betonen; i Fugen under dem er indlagt et 2 mm tykt Asfaltbændel.

Hvis Pladen sidder umiddelbart over en Muraabning (Fig. 268 og 271,2-271,4), kan Ankrene ikke føres ind i Bagvæggen paa dette Sted, og de maa da gøres Z-formede.

Saaframt et Vindue ikke sidder fremme i Facaden som Staalvinduet i Fig. 268, men tilbagerykket (Fig. 271,2 og 271,3), og hvis Muraabningen derfor skal indrammes med Natursten, bør der holdes en Luftfuge mellem Vinduesbjælken og den underliggende vandrette Sten, saa denne ikke kan blive belastet ved Sætninger i Murværket; Fugen tættes med Værk, og hvis den er synlig forfra, indlægges et Asfaltbændel (Fig. 271,2). Er Vinduet bredt, kan man lægge Overliggeren paa et vandret Vinkel- eller Z-Jærn og understøbe med Cementmørtel; i Figuren er Z-Jærnet svejst til Vinduet for at skaffe Tæthed; i Betonbjælkens Underside er en varmetæt Plade indstøbt.

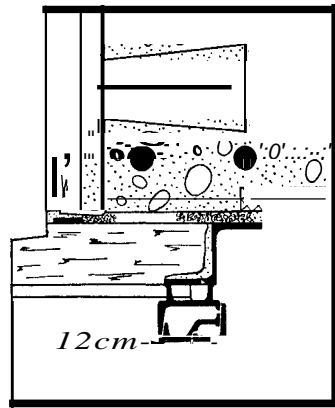


Fig. 271,2. Bæreankre over Vindue.

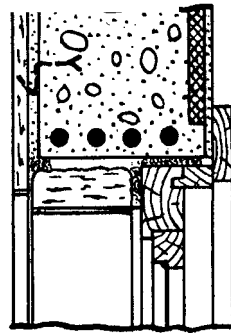


Fig. 271,3.

Bæreankre i lodrette Fuger.

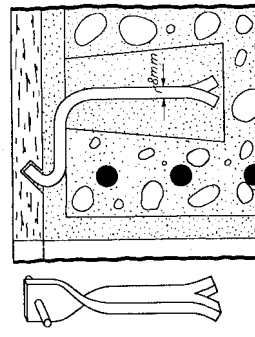


Fig. 271,4-271,5.

Ankre i lodrette Fuger bruges navnlig over Muraabninger, hvis øvre Afslutning er udformet som i Fig. 268, 271,3 eller 271,4, saa der ingen vandret Fuge er til at skjule Ankerets fremspringende Flig. Man sætter da Ankrene i Stødfugerne og lader dem bære begge de to Plader, der mødes her. I Fig. 271,4 er der vist et kraftigt Anker af rustfast Staal 8 · 30 mm, der har godt fat i Pladerne, men der er maaske en Fare for, at Hullernes skarpe Kanter kan brække af, og Pladerne vil ved Opstillingen være tilbøjelige til at glide skraat nedad og indad og derved kunne forskyde sig for hinanden i enten lodret eller vandret Retning; Formen tilvenstre i Fig. 269 og 280 synes bedre; Hullernes Bund bør holdes mindst 5 mm fra Pladens Synsflade. Bruges Formen Fig. 271,5, maa der ikke blot fræses, men ogsaa bores Huller i Pladekanterne.

Bæreankre udenfor Fugerne lader sig vanskeligt indstøbe; en Maade er vist i Fig. 277.

272. Ankerlængden maa afpasses efter Forholdene. Indstøbningsdybden kan i Almindelighed sættes til 10 cm for Ankre i Murværk og 6 cm for Ankre i Beton.

Bæreankrenes Antal og Tværsnit kan udregnes, saaframt man ser helt bort fra Mørtelforbindelsen mellem Plader og Bagvæg, og det maa man, hvis Pladerne under Opstillingen anbringes paa de forud faststøbte Ankre uden anden Støtte, som det undertiden er Tilfældet for Pladeskiftet over et Vindue. Hvis Plader plus Bagmørtel vejer g kg pr. m^2 Flade, og hvis denne Kraft trykker paa Ankrene i Afstanden 1 fra deres Indspændingstværsnit, udsættes dette for et bøjende Moment af Størrelsen $M = g \cdot l$. Er der pr. m^2 Facade n Ankre med Modstandsmoment W og tilladelig Spænding s , bliver Ligevægtsbetingelsen:

$$n \cdot W = \frac{g \cdot l}{s}$$

hvoraf n eller W kan beregnes.

I Danmark bruges sædvanligvis støbte Bronzeankre og ikke større Tværsnit end 5 · 30 mm, altsaa

ikke større Modstandsmoment end $W = \frac{1}{8} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 = \frac{1}{8} \text{ cm}^3$. Sættes den tilladelige Bøjningsspænding for de svære Ankre til $s = 1200$ at, bliver det nødvendige Antal pr. m^2 :

$$n = \frac{g \cdot l}{1200 \cdot \frac{1}{8}} = \frac{g \cdot l}{150}$$

Regnes med 2 cm Plade og 2 cm Mørtel, vil Vægten blive ca. 90 kg pr. m^2 , og antages denne Vægt at Virke midt i Pladekanten, haves $g = 90$ kg pr. m^2 og $l = 3$ cm, altsaa:

$$n = 90 \cdot 3 : 150 = 1,8 \text{ Ankre pr. } m^2$$

Dette Antal stemmer i tilfredsstillende Grad med, hvad man hidtil har skønnet var passende.

Paa Gavle uden Muraabninger og paa Piller bliver Bæreankrene ikke udsat for Bøjning under Pladernes Opstilling, og hvis de senere bliver det ved et Uheld, er det paa et Tidspunkt, hvor Mørtlen er hærdnet og - i Forbindelse med de tidligere omtalte Trækankre - i Stand til at overtage en væsentlig Del af Bæringen. Under saadanne Forhold vil det være rimeligt at dimensionere Bæreankrene for $\frac{2}{3}$ af Vægten.

Trækankrenes Antal og Tværsnit kan lige saa lidt som Indstøbningsdybden fastsættes paa Grundlag af de Virkende Trækkrafter, thi disse er kun smaa. Ankrene bør sidde saa tæt, at der ikke kan falde Stykker af Pladen ned, saaframt denne revner. Antallet - Bæreankrene indbefattet - kan derfor kun fastsættes ved et Skøn, f. Eks. i Overensstemmelse med følgende Krav:

- (1) Hver Plade skal fastholdes i mindst 2 Punkter.
- (2) I Pladekanter, hvis Længde overstiger 1 m, skal anbringes mindst 1 Anker.
- (3) Hvis der kun er Ankre i enten de vandrette eller de lodrette Fuger, skal Afstanden fra Pladens Hjørner til det nærmeste af Pladens Ankre ligge mellem 6 og 20 cm, og Afstanden mellem 2 af Pladens Ankre maa ikke overskride 60 cm.
- (4) Hvis der er Ankre i saavel de lodrette som de vandrette Fuger, gælder Reglen (3) kun for den ene af disse. Er Forholdet mellem Pladens to Kantlængder større end 2, gælder Reglen for den lange Kant.

Ankrenes Plads maa vælges saaledes, at de kan fastgøres i Pladen efter dennes Opstilling; derfor maa de sædvanligvis sættes langs Fugerne (Fig. 269). Skal de sættes inde paa Pladen, er særlige Forholdsregler nødvendige (Fig. 277). Over Vinduer og andre Muraabninger, hvor Pladerne intet har at staa paa bør der altid anbringes Bæreankre.

273. Ankrenes Fastgørelse i Bagvæggen sker sædvanligvis samtidig med Pladernes Opstilling og under Brug af en tilpas hurtigstørknende Mørtel (§ 277).

I Teglstensmure hugges eller bores Hullerne samtidig med, at Pladerne opstilles (Fig. 273).

Undtagelsesvis har man indmuret Ankrene ved Murens Opførelse (Fig. 273,1), dog kun den store Vinkel; Hullet for den lille Vinkel bores først ved Stenpladens Opsætning. Denne Ordning kan ogsaa bruges ved Betonfacader, naar man ikke vil hugge Huller i disse. Bolteforbindelsens Bærevne er dog næppe paa Højde med Ankerets iøvrigt.

I Betonvægge er Hullernes Hugning saa besværlig, at man foretrækker at udspare dem ved Støbningen, idet man indstøber Klodser af Slaggebeton eller Gips og hugger dem ud, naar Pladerne skal opsættes. Disse Klodser kan formes som Pyramidestubbe med Endeflader 5 · 5 cm og 7 · 7 cm og med den tredie Dimension 0,5-1 cm større end Ankerets Indstøbningslængde (se § 272). Men Pladernes Plads maa da være nøjagtigt fastlagt forud, og saa kan der dog Vise Slig Uoverensstemmelse. En Mellemvej er at indstøbe større sømfaste Klodser eller Mursten, som er lettere at hugge i end Betonen.

Ogsaa Borthugningen af de nævnte Slaggebeton- eller Gipsklodser er besværlig, og man har eksperimenteret med hule Gummiklodser, der kan trækkes ud af Hullet og bruges igen.

Undertiden indstøbes lodrette Blikrender, der er aabne fortil og videre bagtil, og i disse indstikkes Ankre af særlig Form. Ankrene kan da kun anbringes i de vandrette Fuger, men i vilkaarlig Højde.

Større Huller, fælles for flere Ankre, kan udspares ved Hjælp af Brædekasser (Fig. 273,2).

At indsatte Ankrene i Støbeformen for Huset skulde man ikke tro var praktisk, men synes gennemført ved Bygningen af Palazzo Montecatini i Milano; Ankrene er af 6 mm Rundmessing og snoet om lodrette Armeringsjærn i Betonen.

Hvis man ikke forud ved, hvor Stenpladernes Fuger vil falde, maa man enten bruge de ovenfor nævnte Blikrender eller fremstille Ankerhullerne ved Hugning eller Boring eller give Afkald paa den direkte Ankerforbindelse mellem Plade og Betonvæg og nøjes med at forankre Pladerne i Mørtellaget og dette i Betonvæggen. Man

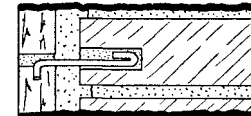


Fig. 273. Trækanker i Teglmur; 5 mm Bronze-traad; 5 mm Huller i Teglstenen bores ved Stenpladens Opstilling.

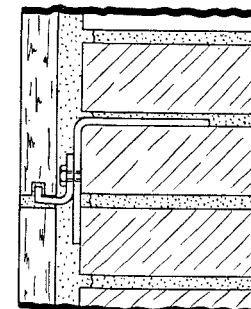


Fig. 273,1. Totelt Bæreanker af Fosforbronze, 6 x 40 mm, splittet i højre Ende.

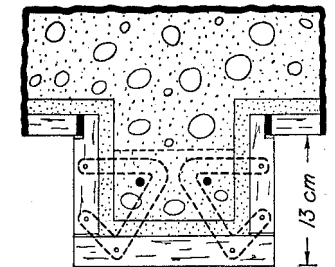


Fig. 273,2. Vandret Snit i Facadelisen paa Dagmarhus. Hjørneankre af Bronze med 3 Dorne fastholdende 2 Beklædningsplader. I Lisen er udsparet et fælles Hul for de to Ankre; disse føres ind omkring Armeringsjærnene. Asfaltstrimler er indlagt i Fugerne i de indadgaende Hjørner (se Fig. 267,3).

kan da i denne indstøbe Baandjærn (f. Eks. 20 1/2 mm), der let anbringes i Bræddeformens vandrette Fuger (Fig. 273,3 a) og efter Afformningen øjes de (b) og forbindes indbyrdes paa Kryds og tværs

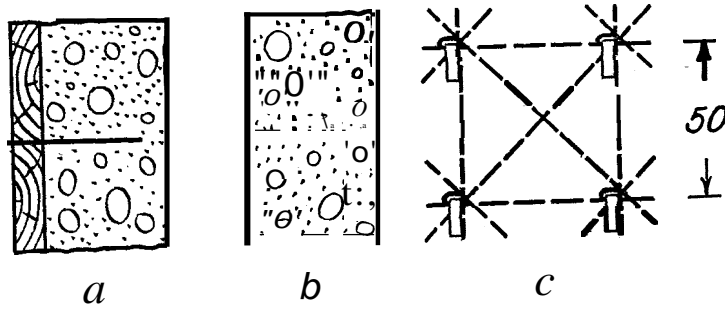


Fig. 273.3. Armeret Mørtellag.

med 2-3 mm tyk, glødet Jærntraad (c) Pladerne maa forud forsynes med et passende Antal faststøbte Dupper, og naar et Skifte er opstillet, bagstøbes det; det armerede Mørtellag danner da Bindeledet mellem Dupper og Baandjærn. Denne Fremgangsmaade kræver en meget omhyggelig Bagstøbning med en rusthindrende Mørtel.

ζ. Plastiske Fuger.

274. Hvis Bagvæggen efter Pladernes Opsætning bliver lavere som Folge af Udtørring eller Krybning, trækker den Pladerne med sig, hvorved disse kan knuses eller skæde sig ud. Det samme kan ske, naar Pladerne udvider sig i Solskin; er Facaden konveks, er der i særdeleshed Fare for en Udskyning. Mørtelen i Klædningens Fuger maa derfor helst være let sammentrykkelig, saa der ikke kan opstaa store Tryk- len i Klædningens Fuger. En meget elastisk Mørtel med lavt Elasticitetstal — f. Eks. et Kautsjukbaand — vilde være bedst egnet, men i Stedet bruges et meget plastisk Stof. Under tiden fyldes Fugerne helt med en plastisk Kit, undertiden indlægges smalle Strimler af Bly eller Asfalt i Fugens bagste Del, medens den forreste Del fyldes med almindelig Mørtel; den Mørtel, som denne smalle Mørtelstribe er i Stand til at yde, synes at være uskadelig. Brugten af plastiske Fuger er ikke mange Aar gammel; talrige Huse er beklædt uden saadanne Fuger, og uden at der er sket Skade, men det er en fornuftig Sikkerhedsforanstaltning, særlig ved Beklædning af høje Betonhuse.

Igaskit (Igas III, graa) er en asbestholdig, graa K't, der i nogen Grad kan farves efter Ønske. Den ruller ud i tynde Pølser, der stoppes ind i Fugen og glattes. Kitten er meget klæbrig og hænger i Fingrene, men man kan trille den ud mellem vaade Mørtelplader. Udsat for Luften overtrækkes den med en ca. 1 mm tyk Skorpe, men det indre siges at holde sig plastisk, ogsaa i Temperaturer ned til -20. Asfaltbåndler udskares af 2-5 mm tykke udvalgte Asfaltbitumen-Plader med et Bomuldsvæve i Midten. Asfalten er stabiliseret med Kalkfiller. Strimlerne gøres saa meg kke (F.g. 2711 og 271.2), at der foran bliver Plads til Fugemørtel i en Dybde, der mindst er hø Fugens Øsen I - - - udskares 1-2 m lange, ruller op og sælges i Blikæsker rummende ca. 30 m.

De Man kan passende indlægge 1,2 mm Asfalt for hver lodret Meter, altsaa ca. 4 mm pr. Etage af normal Højde. Det vilde være bedst at gøre samtlige Fuger plastiske eller da dette er for besværligt, naar Pladehøjden er ringe — at fordele de plastiske Fuger saa jævnt som muligt over Facaden, men man plejer kun at indlægge en 2 mm tyk Strimmel i to Fuger pr. Etage. Et naturligt Sted at lægge Fugemøder ud for Vinduernes Over- og Underside. Hvis Pladerne over og under Vinduene ingen Mørtel maa have langs disse Linier (Fig. 268 og 271,3), er det rimeligt at gennemføre denne Tilstand ogsaa for Pladerne paa Pillerne, og hvis Vinduene er indrammede, bør man hindre de vandrette Karmsten i at knække ved at lægge Strimlerne umiddelbart over og under disse (Fig. 267,3) men Forholdene kan medføre, at man følger andre Principer (Fig. 267,4).

I vandret Retning foregaar der ingen krybning. Undertiden indlægges de dog med en lignende Asfaltbaand ed derfor mindre paakrævede end vandrette. Undertiden indlægges de dog med en lignende Afstand som e van rette (Fig. 267,3 og 273,2), undertiden med indtil 9 m Afstand (Fig. 267,4), undertiden udelades de helt; i lange, skobeskimmede Facader med konveks Krumning bør de ikke udelades. Naar Vinduer omgives med arme a Natursten, kan man indlægge plastiske Fuger langs alle 4 Karmstykker. De lodrette Karmstykker maa da ikke forbindes med de tilstødende Plader, men. i me de vandrette Karmstykker eller med Bagvæggen. Af Iltbåndlerne i Danmark; de er 2 mm tykke Blystrimler bruges i Sverige paa samme .aa e som s a og indlægges i samtlige vandrette-Fuger, ikke i Stødfugerne.

17. Mørtelforbindelsen mellem Plader og Bagvæg.

275. Mørtlen mellem Plader og Bagvæg har 3 Opgaver: (1) At hindre Pladen i at flytte sig, (2) at standse Vand, der trænger ind gennem utætte Fuger, (3) at støtte Pladen mod vandrette Tryk fra Færdslen. Alle tre Funktioner udfører Mørtlen bedst, naar den fylder hele Bagrummet. Er Pladerne smaa, kan de opsættes som Fliserne i et Badeværelse, idet de trykkes ind i et Mørtellag, der samtidig med Pladens

Opsætning anbringes paa Væggen eller paa Pladens Bagside. Er Pladerne store, kan denne Fremgangsmaade ikke bruges; man kan kun faa Bagrummet helt fyldt ved at hælde Mørtlen ned bag Pladerne efter Opstillingen, og da dette kan medføre Ulemper, nøjes man ofte med at afsætte enkelte Mørtelstriber og Mørtelklatter paa Bagvæggen og trykke Pladen ind imod dem. Undertiden kombineres de to Metoder, idet man kun bagstøber de nederste Skifter, der er udsat for Færdselstryk.

Granitplader taaler Bagstøbning, men Kalksten og Sandsten kan — hvis Bagsiden ikke er gjort vandtæt — skades af de store Vandmængder, som fordamper ud gennem Facaden og udskiller Salte, der kan virke sprængende eller foranledige Skjolder (§ 119). Faren er navnlig stor, hvis Pladerne opsættes paa friskt Murværk og i vaadt og koldt Vejr. I første Fald kan ogsaa Murværkets Salte trække ud i Pladerne, og i sidste Fald vil Fordampningen ske saa langsomt, at Krystallerne først udskiller sig i-eller lige under Overfladen, hvor de lettere gør Skade, end hvis de udskiller sig i større Dybde.

Pladernes Bagstøbning. Den Mørtel, der bruges til Bagstøbningen, maa være hydraulisk, da den gemmes bag den tætte Sten, men dens Hovedbestanddel plejer dog at være almindelig Kalkmørtel, som man gør hydraulisk ved Tilsætning af Portlandcement eller — hvis Pladen ikke taaler Cement — hydraulisk Kalk. Sammensætningen kan f. Eks. være 1 Maal CM 1:3 + 2 Maal KM 1:5 eller 1 Maal HK + 3 Maal KM 1:5; er Facaden udsat for stærk Slagregn, kan det maaske — af Hensyn til utætte Fuger — være gavnligt at tilsætte et vandskyende Stof eller bruge en mindre porøs Mørtel; den Vandmængde, der optages, bør nemlig være saa ringe, at den kan forsvinde ved Fordampning gennem Bagvæggen uden at give vaade Pletter paa dennes Inderside. Mørtlen maa være meget flydende, saa Fyldningen maa foretages med en Kande, og Pladerne maa eventuelt støttes for at kunne taale Mørtlens Tryk, eller man maa anvende afbrudt Støbning. Som Regel bagstøbes et helt Skifte samtidigt. Se ogsaa § 265.

Hvis man lægger Vægt paa Mørtellagets Bidrag til at bære Pladen, giver man ikke sugende Bagvægge — Beton, Granit — et Cementmørteludkast, inden Pladerne opstilles, eller man støber Betonvæggen med vandrette Riller, 1 cm dybe.

276. Hvis Pladerne ikke skal bagstøbes, opsættes en mindst 5 cm bred Mørtelstribe langs Pladens 4 Rande, hvorefter Pladen trykkes ind mod Mørtlen. Naar Nabopladerne opsættes paa samme Vis, bliver der et 10 cm bredt Mørtelbælte bag hver Fuge til at forhindre Vands Indtrængen. Paa tilsvarende Maade bør der anbringes Mørtel bag Pladehuller for Gennemføring af Bolte eller Rør. Hvis Pladens Højde eller Bredde overstiger 1 m, bør der ogsaa opsættes Mellemstriber eller spredte Mørtelklatter bag Pladens centrale Del.

Mørtlen kan være den samme, som bruges til Bagstøbning; paa Dagmarhus brugtes Bastardmørtel af 1 Maal C + 3 Maal KM 1:5. Hvis Stenen skæmmes af Cement, kan bruges 1 Maal hydraulisk Kalk + 3 Maal Sand. Af Hensyn til Regns Indtrængen vilde tættere Mørtler — f. Eks. 1:2½ — være at foretrække (§ 275).

Man kunde befrygte, at den delvise Understøtning i Tidens Løb vilde foranledige Skjolder, fordi de med Bagmuren forbundne Pladerande kan faa en anden Temperatur end den øvrige Del af Pladen), men det synes ikke at være Tilfældet. Derimod er der en Fare for, at der kan samle sig Vand paa Oversiden af de vandrette Mørtelstriber, og at dette Vand kan suges ind i Bagvæggen, hvis denne er muret, hvorved der fremkommer Fugtpletter paa Væggen Inderside. Vandet kan maaske være Fortætningsvand, men snarere stammer det fra utætte Fuger, thi jeg har kun konstateret saadanne Vandsamlinger i et Tilfælde, hvor nogle af de vandrette Fuger havde aabnet sig som Folge af et for spinkelt Betondæks Nedbøjning. Den paagældende Facade var beklædt med brændte Fliser, og at disse er mindre plane end skaarne Naturstensplader, kan have været en medvirkende Aarsag.

En anden Fremgangsmaade, som dog ikke kan anbefales, er vist paa Fig. 276. Her anbringes Mørtlen ogsaa kun langs Pladeranden, men først efter at Pladen er opstillet. Naar en Plade er sat paa Plads, stopper man Mørtel ind langs den frie lodrette Kant, udstøber derefter de nederste ca. 7 cm af Mellemrummet med flydende Mørtel, tætter med Værk eller Træulod langs den øvre vandrette Kant ca. 7 cm indenfor Kanten og udstøber Mørtel ovenpaa Værket (Fig. 270,2); den anden lodrette Kant bliver da ikke understøttet. Ved denne Opsætningsmaade kan man befrygte, dels at Pladerne knækker ved Stød, dels at der gennem utætte, lodrette Stødfuger kan gaa Vand ind i Hulrummet og fra dette ind i Bagvæggen. Fugen bør ligge midt over et Mørtelbælte, der standser indtrængende Vand.

9. Pladernes Opsætning.

277. Pladernes Afstand fra Bagvæggen omtales i § 265. Pladernes Opstilling paabegyndes i nederste Skifte. Skal Pladen bagstøbes, støttes den blot med en Mørtelklat i hvert Hjørne, ellers med Mørtelstriber og Klatter (§ 276). Pladen trykkes ind mod Mørtlen og bankes yderligere ind med Hammers Træskaft. Om fornødent inddrives Trækiler under Pladen til Regulering af Fugetykkelsen samt bag Pladens øverste Kant til Regulering af Afstanden fra Væggen. Er denne Afstand mindre end ca. 1 cm, anbringes Mørtlen undertiden paa Pladens Bagside og ikke paa Væggen.

Derefter anbringes Ankrene, hvis Dorn fastkittes med samme Mørtel i et Hul i Pladekanten. Hullet kan enten forud være boret paa Værkstedet eller bores samtidig med Opsætningen; dets Diameter gøres 1 mm større end Dornens. Ankerets anden Ende indføres i et Hul i Bagvæggen, hvorefter dette Hul

1) E. Suenson: Jærnbeton 1931, § 40, samt: Tegldæk (Beton-Teknik, Marts 1940, Side 3).

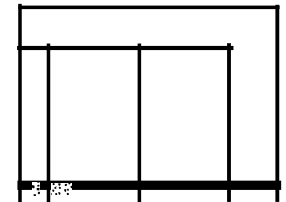


Fig. 276. Pladeopsætning fra venstre mod højre. Sockelskiftet er fuldt bagstøbt, de store Plader kun langs 3 Rande.

fyldes med Cementmørtel 1 : 3; Cementen maa helst være saa hurtigstørknende, at man 1 Times Tid efter Ankerets Indstøbning i Bagvæggen kan paabegynde Opstillingen af Nabopladen. En Blanding af Alcement («sort Cement») og Portlandcement er vel egnet; man kan ogsaa blande denne med en af de mange i Handelen værende Opløsninger, der gør den hurtigstørknende, men det maa være en, der ikke skader Ankrene.

Er der kun Ankre langs de vandrette Fuger, kan man opstille et helt Pladeskifte ad Gangen og Indsætte Ankrene, og derefter faststøbe disse i Bagvæggen; skønt Pladerne dækker Hullernes nederste Halvdel, sker Fyldningen uden Vanskelighed. Er der Ankere i Stødfugerne, kan der kun opstilles een Plade ad Gangen, hvorefter Ankeret maa faststøbes, inden Nabopladen opstilles.

Skal Pladerne bæres af forud Indstøbte Bæreankre, er Ankerformen i Fig. 271,2 egnet, thi naar man under Indstøbningen læggeren Træliste under den nedre Flig, og derved sikrer dennes rette Højdebeliggenhed, vil ogsaa Pladekantens Beliggenhed blive rigtig. Ankeret i Fig. 271,4 fikserer i mindre Grad Pladens Højdebeliggenhed, men kan til Gengæld bruges i Tilfælde som Fig. 268 og 271,3, hvor man af Hensyn til Udseendet ikke kan lægge Ankerfligen under Pladekanten.

Hvis man af en eller anden Grund er nødt til at anbringe Ankre andre Steder end langs Fugerne, maa man udfinde en i det paagældende Tilfælde egnet Fremgangsmaade. I Fig. 277 har man forud faststøbt Ankrene i Stenpladen med Bly (se dog § 144), og efter Pladens Opstilling fyldt Væghullerne fra Væggens Inderside.

Naar første Skifte er opstillet og eventuelt bagstøbt, bestrives den opadvendende Kant med Mørtel, og i denne sættes det nye Skifte, hvis nedadvendende Kanhuller svarer til det første Skiftes opadvendende, men er videre af Hensyn til uøjagtig Boring; disse Huller fyldes med Mørtel, inden de trykkes ned over de opadvendende Dørne. Hvis man paa Værkstedet har fræset en Længderille i Pladekanten, kan man fastgøre Ankerdornene hvor som helst langs denne uden at bore Huller, men Kanten svækkes mere (§ 270).

278. Fugetykkelsen kan variere fra 2 til 10 mm. Undertiden foreskrives 3-6 mm; Fugetykkelsen kan dog med Lethed holdes under 3 mm. Fordelen ved en tyk Fuge er, at Ankrene ikke behøver at forsænkes i Pladekanten, i alt Fald kun delvis, at Variationer i Fugetykkelsen bliver mindre iøjnefaldende, end hvis Fugen er tynd, samt at Asfaltbændler maaske kan undværes. Tykkelsen kan reguleres paa een af følgende Maader:

- (1) Ved Hjælp af midlertidigt anbragte Trækiler.
- (2) Ved Hjælp af Ankrene (Fig. 270); eventuelt kan disse forsænkes noget i Pladerne (Fig. 269).
- (3) Ved Hjælp af smaa Stykker Blyplade, kvadratiske med Sidelinie lidt mindre end Pladetykkelsen.
- (4) Alene ved Hjælp af Tryk i Fugen og Mørtelsandets Kornstørrelse.

Fugning. Hvis Fugen er meget tynd, kan den gøres færdig med det samme, idet man blot fjerner den Mørtel, som er presset ud af den øvre Plades Vægt; paa denne Maade bliver Fugen stærkest; Mørtlen kan være ren Kalkmørtel eller Kalkmørtel blandet med lidt Cement (et Par Skovfulde pr. Balje).

Hvis man efterfuger, kan man eventuelt bruge en anden Mørtel end til Opsætningen; Dagmarhus fuges med en Mørtel af 1 Maal Cement plus 3 Maal hydraulisk Kalkmørtel. Man kan ogsaa fuge med Igaskit (§ 274).

Undertiden fuges med Bastardmørtel iblandet et vandtættende Materiale. Der bør dog lægges mere Vægt paa, at Mørtlen adhærer godt til Pladerne og ikke faar SVindrevner, og hvis nævnte Blanding forringer Mørtlen i disse Henseender, maa den hellere udelades. Gaar der Vand Ind gennem Fugerne, er det næppe gennem Mørtlens normale Porer, men gennem Revner.

1. Indervægges og Lofters Beklædning.

279. Indervægges Beklædning. Paa Indervægge er Pladerne hyppigst af Marmor og 2 cm tykke; se ogsaa § 266. Opsætningsmaaden er den samme som undendørs, men man behøver ikke at stille saa strenge Krav til Forankringen, navnlig ikke hvis Pladerne er smaa. Forankringen kan ske som paa Facader eller med Skrue og Fiberpløkel, idet Skruerhovederne da forsænkes og skjules med en marmorlignende Kit.

Da Pladerne ikke udsættes for Vejret, staar der flere Mørtler til Raadighed end ved Facaders Beklædning. Kalkmørtel med lidt Cement i er den uskadeligste, men den er uegnet, hvis saavel Plade som Bagvæg er uporøse. Cementmørtel er den stærkest bindende, og mellem tætte Plader er den som Regel at anbefale, navnlig naar Bagvæggen er tynd - f. Eks. Rabltz - og trænger til Forstærkning. Gipsmørtel, Marmorcementmørtel og gipsholdig Kalkmørtel - 1 Maal Gips til 3 à 5 Maal Kalkmørtel - er bekvemme Mørtler at arbejde med, men nogle Sten skades af Gips (§ 142).

Til Fugning bruges Kalkmørtel, Gipsmørtel eller Marmorcementmørtel. Da de tynde Mørtelfuger tørrer hurtigt, er Brugen af Gips formentlig ufarlig.

280. Lofters Beklædning. Jærnbetonlofter og andre vandrette, nedadvendende Flader! f. Eks. under Gesimser, Altaner, Karnapper og i Vindues- og Døraabninger, kan beklædes (1) samtidig med Støbning, (2) efter Betonens Hærdning.

(1) Man bruger en Støbeform af høvlede og pløjede Brædder, paa hvilken Pladerne oplægges med de lodrette Ankere. Disse kan enten være af den almindelige Form (Fig. 271,1) og Indstøbes omhyggeligt

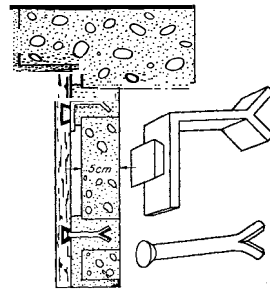


Fig. 277. Lodret Snit i Vindue Overformynderlet.

i Pladekantens Huller, efterhaanden som Pladerne oplægges, eller de kan paa Forhaand være indstøbt i Pladerne med Cementmørtel, som vist paa Fig. 277. For at Betonen ikke skal løbe gennem Fugerne og forurene Pladerens Synsflade, kan man forud fuge Pladerens Bagside med Cementmørtel. Vil man ogsaa hindre Pladerne i at blive vaade, kan man efter nævnte Fugning dække dem med Tagpap, hvori der skæres Slidser for Ankrene. Derefter armeres og støbes, og efter Afformning fuges Synsfladen med Kalkmørtel.

(2) Skal Pladerne først ophænges efter Jærnbetondækkets Afformning, kan man udspare gennemgaaende Ankerhuller i Dækket (Fig. 269). Under dette bygges et Stillads, paa hvilket Pladerne oplægges

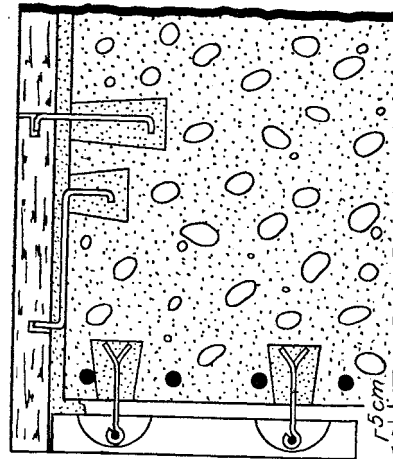


Fig. 280. Lodret Snit gennem Portaåbning i Deutsche Rev. & Treuhand A. G. i Berlin. Nederst 2 Hængeankre, derover et Bæreanker; disse 3 sættes i Stødfugerne. øverst et Træanker.

med indstøbte Ankere, eller mod hvilke de støttes, og sluttelig fyldes Ankerhullerne fra oven. Ved denne Fremgangsmaade kan man bruge de almindelige Ankerformer (Fig. 269 og 271,1), men ofte vil man foretrække at erstatte Ankrene med Skruebolte, der paa Betondækkets Overside forsynes med Underlagsplade og Møtrik, saa Stenpladernes Højdebeliggenhed kan reguleres ovenfra, inden man til Slut udstøber Hullerne. Boltens nedre Ende kan da udformes som i Fig. 280,1 eller 280,2.

Har man ikke afsat gennemgaaende Huller, men kun Propper i Dækkets Underside, maa Ankrene sættes i Fugerne, og Ankerhullerne fyldes, efterhaanden som Pladerne oplægges (Fig. 280). Man maa da i hveranden Plades to Endeflader eller Sideflader fræse en saa dyb Forsænkning, at Fugen ikke behøver at gøres bredere end ønsket; Fræsningen foretages med en Karborundumskive. Naar en Plade er lagt paa Plads og Ankrene indsat, fyldes Ankerhullerne i Betonen med Cementmørtel 1:3.

Vil man ikke anbringe Ankrene i Fugerne, men inde paa Pladerne, maa man bore Huller i disse (Fig. 280,1-280,2). Man kan bore Pladehullerne efter en Krydsfiner-Skabelon, som derefter bruges til at afmærke Ankrenes Plads paa Betonloftet. Paa disse Steder indstøbes Bronzemøtrikker af egnet Form i huggede Huller.

Maa Ankrene være synlige, kan man bruge Skruebolte med et pladeformet Hoved (Fig. 280,1), ellers kan Boltehovedet forsænkes i Pladen (Fig. 280,2) og skjules med en stenlignende Kit.

En anden Fremgangsmaade er vist paa Fig. 280,3. Her har man paa Forhaand indstøbt Ankerskinneri, der forløber vinkelret paa Pladernes Længderetning og ligger saa tæt, som det under Hensyn til Pladernes Tykkelse a og Bøjningsstyrke er nødvendigt. Er Bøjningsstyrken givet, kan Afstanden vokse proportionalt med \sqrt{a} . Naar Pladerne skal ophænges, indføres i Ankerskinnerne Skruebolte, paa hvilke vinkelbøjede Fladjærnsankre kan skrues op og ned, indtil det rektangulære Hul forneden passer ud for det i Pladekanten udklinkede Hul, og naar dette er fyldt med Cement inddrives Tværpinden i det; denne kan f. Eks. have Målene 5 · 15 · 65 mm.

Københavns Bygningsskmission kræver for alle vandrette, ophængte Plader, at Størrelsen ikke overstige 0,8 m², og at Tykkelsen mindst er 3 cm, samt at Boltens Bæreplade (Fig. 280,1) er mindst 3 mm tyk og mindst 35 mm i Diameter eller belagt med en Underlagsskive af denne Diameter; mellem Stenpladen og henholdsvis Bærepladen eller Underlagsskiven skal indlægges et passende blødt, trykfordelende Mellemlag til Hindring af Pladernes Sprængning. Bolteantallet bestemmes saaledes, at Boltens Afstand fra Pladens Kanter bliver 8-10 cm, og deres indbyrdes Afstand højst 50 cm.

1) Se E. Suenson: Jærnbeton 1931, § 26.

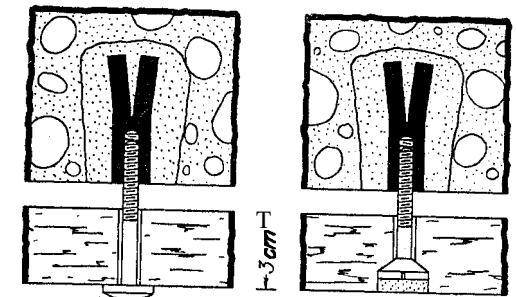


Fig. 280,1. Synligt Boltehoved. Fig. 280,2. Forsænket Boltehoved. Loftsplader ophængt i 6 mm Bronzebolte, indskruede i indstøbte Bronzeankre. 15 · 15 · 50 mm.

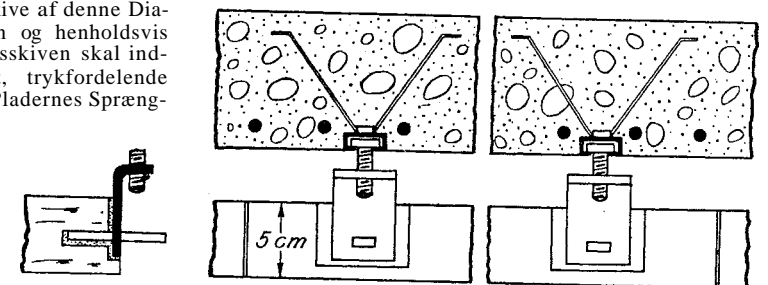


Fig. 280,3. Loftsplade ophængt i indstøbte Ankerskinner, der forløber vinkelret paa Pladernes Længderetning.

5. Leveringsbetingelser.

281. Ved Udbydelse af Arbejder i Natursten maa man opgive Stenens Art og kan forlange Prøver tilsendt samt meddelt fra hvilket Brud, den agtes leveret. Saadanne Prøvers Struktur og Farve er dog ikke ubetinget bindende for Sælgeren, da mange Stenarter ser anderledes ud i store Flader end i smaa. Skal Stenen være frostfast eller have en vis Mindstestyrke, maa det skrives.

Stenstørrelsen eller dennes Grænser maa meddeles. Prisen vokser stærkt, hvis man kræver, at alle Stenene skal have samme Dimensioner, da der saa maa hugges meget bort af de for Haanden værende Blokke. Hvis det overlades til Stenhuggeren at vælge Længden af f. Eks. Sokkelsten, bliver Prisen lavere.

Tildannelsesgraden maa nøje angives, thi Prisen vokser stærkt med denne. Tildannelsen skal i alle Maader være vel udført, nøjagtigt efter Tegninger og Beskrivelser, med ensartet Hugning i de angivne Hugningsgrader. Kanter og Hjørner skal være hele. Ubetydelige Maalafvigelse, der ikke skader Stenenes nøjagtige Sammenpasning, er tilladt.

Profilerede Sten maa være optegnede i mindst $1/25$: dog kan man - hvis Profilets Form ikke er helt fastslaaet - nøjes med at karakterisere Arbejdets Vanskelighed ved et saakaldt Profiltal, hvis Udregning er angivet i nedennævnte Normer.

Hver Sten skal forsynes med tydeligt og holdbart Mærke.

De leverede Sten skal være fri for løse og forvitrede Dele, Låpninger, skadelige Revner og andre Fejl. Nogle Sten, navnlig visse Marmor, har dog saa ofte Revner, der først viser sig ved Blokkens Op-skæring til Plader, at Stenværkstedet forbeholder sig Ret til at kitte og lappe saadanne Sten. I Henseende til Struktur og Farve skal de leverede Sten saavidt muligt svare til de stillede Fordringer. Skønhedsfejl, som Sælgeren ikke er Herre over, er ikke Kassationsgrund.

Hvis Køberen ønsker en bestemt Leveringsfrist, Emballering udover, hvad der er almindeligt, Levering af Klammer, Ankre og Dupper, Hugning af Huller for disse eller for Saks til Ophejsning, skal dette særligt angives.

Dersom særlige Fordringer til Materiale, Længde, Tykkelse) Fugeinddeling, Hugning etc. ikke er angivet, er Sælgeren berettiget og forpligtet til at præstere Leveringen paa almindelig god, fagmæssig Maade.

Iøvrigt henvises til Normer for Stenhuggerarbejdes Udbydelse og Levering vedtagne 1925 af Akademisk Arkitektforening, Dansk Ingeniørforening og Stenhuggermesterforeningen i København.

B. Slidsten.

1. Trappesten.

a. Stensort og Trinform.

282. Stensorten. I Danmark bruges hyppigst Granit, Gneis, Basalt, Kalksten, Marmor og Sandsten. Mørke Sten er uegnede, da man i svag Belysning ikke kan se Forkanterne og da let snubler for nedadgaende. Er Færdslen stærk, bør man vælge en slidfast Sten, der holder sig ru (§55). Undtagelsesvis indhugges i Trinets Forkant en Jærnskinne med Karborundum- eller Blyindlæg, der bevarer Ruheden.

Granit bruges mest i Form af Bloktrin og behugges da paa Slid-, Stød- og Berøringsflader til Grad II eller III (§ 244). Er Undersiden synlig (Fig. 283,1), behugges ogsaa denne, i modsat Fald (Fig. 283) holdes den raa. Naar Granit bruges som Plader, er disse oftest 3 cm tykke. Ølandsten bruges i Form af (1) Bloktrin til Kældertrapper; (2) udklavede Plader ca. 8 cm tykke (§ 200) hvilende paa aftrappat Beton eller Murværk, hvis pudsede Forside danner Stødtrin; Synsfladerne er hølvede; (3) skaarne Plader ca. 3,5 cm tykke med slebne Synsflader; de bruges som (2) og som Stødtrin (Fig. 287,1). Travertin og Marmor bruges mest i Form af Plader; til Slidtrinene er de 2,5-5 cm tykke, til Stødtrinene 2-2,5 cm tykke. Undertiden maskeres den ringe Tykkelse paa den i Fig. 287 viste Maade. Neksøsandstenen bruges baade som Bloktrin og Pladetrin; den holder sig ru, og dens Slidfasthed overgaar Bremerstenens (§ 61).

Slidfastheden og Haardheden hos nogle af disse Sten omtales i § 54 og 60-2; Tildannelsen i § 240 og 246.

Største Stenlængde overstiger sjældent 2,4 m for Ølandsten og 1,6 m for Granit, Marmor og andre Kalksten. Dette gælder for baade Bloktrin og Plader; er Trappen bredere, deles Trinene, og udendørs samles Delene med Klammer (§ 263).

Mørtel til Bloktrin bør som Regel være CM 1:2 saavel i Fugerne som ved Endernes eventuelle Indmuring og saavel indendørs som udendørs; til Bagstøbning eller Bagmuring kan bruges CM 1:3. Trinender af Marmor og porøse Sten kan, hvis Trinene ligger indendørs og ikke er fritbærende, indmures i en Blandingsmørtel af 1 Maal CM 1:3 + 2 Maal KM 1:5, og samme Mørtel kan bruges til Trinenes Bagmuring; i alle andre Tilfælde bør bruges CM som ovenfor angivet. Til Fugefyldning udendørs bruges undertiden Bly. Om Pladetrin se § 287. Terrazzotrin omtales i § 308.

283. Trinformen. Stentrupper kan bygges af massive Bloktrin (Fig. 283-283,2) eller af Stenplader' (Fig. 287 og 287,1).

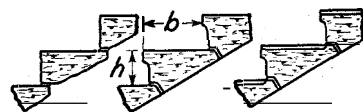


Fig. 283. Fig. 283,1. Fig. 283,2.

Udendørs Trapper bygges altid af Bloktrin, hyppigst Granit, og profileres som Regel ikke. De lægges med 1% Fald fremefter for Vandafløbets Skyld.

Det nederste Trin føres ofte 10 cm ned under Jordlinien. Trin, der støder til Mure, kan tilhugges med en 2 cm høj opstaaende Kant, der danner Sokkel for Muren og hindrer Vandopsugning (Fig. 283,2).

Indendørs Trapper bygges ofte af Jærnbeton, bl. a. af Hensyn til Brand-sikkerheden (§ 51), og Betontrinene beklædes da med Stenplader.

Trinhøjden vælges efter, hvor magelig Trappen skal være. Man bruger hosstaaende Værdier.

Jo mindre h er (Fig. 283,1), des større maa b være, naar man skal kunne gaa op ad Trappen med normal Skridtlængde. Man faar gode Forhold ved at overholde Formlen $4/3 h + b = 52$ cm.

Er $h = 14-19$ cm, kan man ogsaa bruge Formlen $2 h + b = 60$ à 63 cm. Paa Vindeltrapper maales b midt paa Trinene eller til Nød i Afstanden $2/5 l$ fra Ydervangen, hvor l er Trappens Bredde.

Monumentale Trapper	12-16 cm
Hovedtrapper	16-18»
Bitrapper	23 »

b. Bloktrin.

284. Bloktrin kan inddeles i (1) Baarne Trin, (2) Selvbærende Trin, (3) Fritbærende Trin.

Baarne Trin er undermurede eller understøbte paa hele deres Længde, saa Trinets Underside ligger skjult. De kan f. Eks. oplægges paa en aftrappat Jærnbetonplade og understøbes (Fig. 284). Undertiden støber man Pladen med plan, hældende Overside, paa hvilken man opmurer Teglsten til Støtte for Trinene. I begge Tilfælde er Fals (Fig. 283,1) overflødig. Man lader Trinene støde stumt til Sidemurene; Pudslaget paa disse vil da dække Stødfugen.

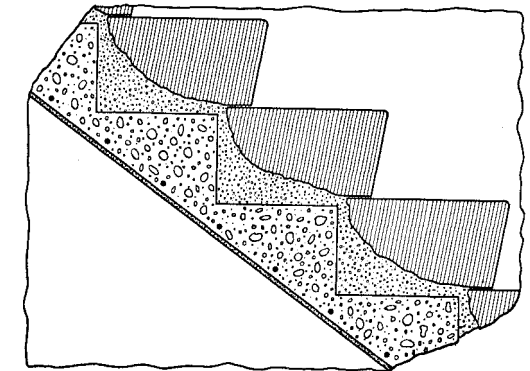


Fig. 284. Baarne Trin.

285. Selvbærende Trin hviler paa hinanden, men er iøvrigt kun understøttede ved Enderne og, hvis de er mere end 1,5 m lange, tillige midtvejs, som vist

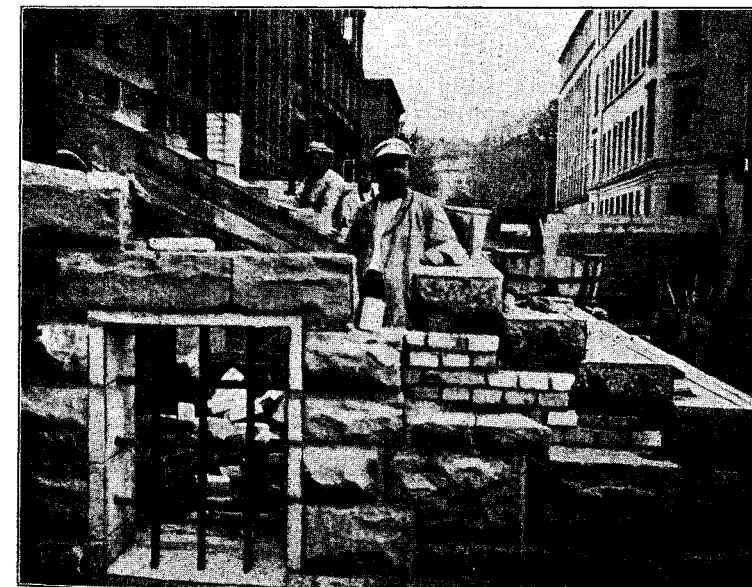


Fig. 285. Eliaskirkens Trappe.

i Fig. 285, hvor Midterlejet dannes af en aftrappat Jærnbetonbjælke. Heller ikke disse Trin behøver at falles, men kan formes som vist i Fig. 284, uden at der er Fare for, at de skal glide frem; kun hvis Undersiden skal staa synlig, tildannes den plan og da med Fals for at undgaa spidse Vinkler.

Trinene oplægges i CM 1 : 2. Den vandrette Berøringsflade bør være mindst 3 cm dyb, Fugetykkelsen, højst 4 mm. Enderne føres 1/2 Sten ind i Murene.

Ved Trappevadskan Vandet undertiden gaa gennem Fugen (Fig. 283,1) og blive synligt paa Løbets Underside; dette undgaas, hvis Trinet er tildannet, med en Vadskekant (Fig. 283,2); hvis denne føres ud langs Trinets Gavflader, undgaar man ogsaa, at Vandet driver ned ad disse eller suges op i Vægpuksen. Slige Vadskekanten bruges dog mindre paa Stentrin end paa Betontrin, der langt billigere kan formes paa denne Vis. Hvis Trinet ligger mellem to Mure, kan man beklæde disse med et lavt Fodpanel af Stenplade, som erstatter Vadskekanten.

Da Trappeløbet med sine faa og cementfyldte Fuger ikke sætter sig efter Op-muringen, maa Trappestenenes Ender ikke føres ind i Mure, der sætter sig, thi i saa Fald, belastes de af den overliggende Mur og kan knække. Enten maa Muren opføres i en hurtigt størknende Mørtel, eller ogsaa maa man udspare en Rille i Muren og vente med at indbygge Trappen, indtil Muren har sat sig.

286. Fritbærende Trin er en Betegnelse, som bruges for selvbærende Trin, naar disse kun er indmurede i den ene Ende, medens den anden ligger frit ude i Lysningen. Saadanne Trapper kan kun bygges af sammenfalsede Trin. Deres Bæremaade er meget sammensat, Trinene er delvis indspændte i Muren, og ethvert Trin belastes af det overliggende og støttes af det underliggende, hvorved det baade faar Bøjnings- og Vridningsspændinger; endvidere er der en svag Mulighed for, at Løbet kan bære som Hvælvning fra Hvileplan til Hvileplan, saafremt Falsen er tilstrækkelig høj i Forhold til Løbets Længde, hvilket dog ikke plejer at være Tilfældet.

Af Hensyn til disse Paavirkninger er det vigtigt, at Fugen mellem Trinene udfyldes helt med CM 1 : 2; Fugen gøres 5-10 mm tyk.

Trinene føres 1/2-1 Sten ind i Muren og indmures i CM 1 : 2; undertiden føres hvert 3' Trin 1 Sten ind og de øvrige 1/2 Sten. Hvor stor en fri Længde man tør give dem afhænger af Løbets Længde og Hældning, Trinets Form og Stenarten; ved Betontrin er man gaaet til 2,25 m. Af Hensyn til Sætningen lader man dem undertiden stige lidt mod den frie Ende.

Ved fritbærende Trins Indmuring er der de samme Hensyn at tage som ved andre selvbærende Trin. Den bærende Mur skal opmures i Bastarmørtel og mindst være 1 Sten tyk; dens Højde over øverste Trin maa være tilstrækkelig til at give den fornødne Indspænding. Reposbjælkens Last fra det opad-gaaende Trappeløb skal i København regnes at være Halvdelen af Løbets Vægt og Nyttelast og at virke som en Enkeltkraft ved Trinets fri Ende.

c. PJadetrin.

287. Skal Trinene lægges paa Beton, vil man som Regel foretrække at støbe denne aftrappet og beklæde den med Plader (Fig. 287).

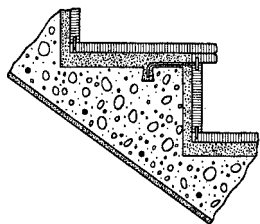


Fig. 287.

Disses Synsflader er enten slebne eller polerede; Slidtrinet Forkant kan være forstærket som vist med en paa-kittet Stenstrimmel. Slidtrinet lægges paa et Cementmørtelleje; Stødrinet forbindes med Slidtrinet ved 5 mm tykke Metalstifter, der fastkittes med Cement i de borede 7 mm vide Huller; Stødrinet stilles paa et tyndt Lag Kalkmørtel, saa Fugen bliver ca. 2 mm tyk; det fastholdes foroven med nogle spinkle Metalankre, der ikke er tykkere end Kalkmørtellaget; Rummet bag Stødrinet fyldes med Cementmørtel. Fig. 287,1 viser en mere moderne Trappeform; Beklædningen er 3,5 cm tykke Plader af Ølandsten.

Krumme Trin maa udføres som Bloktrin.

2. Gulvfliser.

288. Gulvfliser egner sig til Brug under samme Forhold som Terrazzo; en Flisebelægning er mindre vandtæt, men holder sig til Gengæld fri for Svindrevner. Da Fliserne føles kolde under Fødderne, bruges de mindre i Rum, hvor man

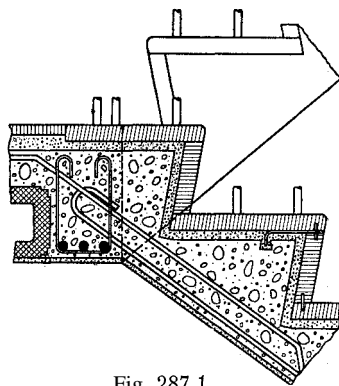


Fig. 287,1.

sidder stille), end i Rum, hvor man gaar (Forhaller, Trapper, Gange, Butikker, Terrasser, Dansepladser i det fri).

Gulvfliser er hyppigst kvadratiske med mindst 30 cm Sidelinie. De kan fremstilles enten ved Deling af savskaarne Plader og er da oftest 2-3 cm tykke eller ved Kløvning af lagdelte Sten - Gneis, Skifer, Opdalstenen, Sand- og Kalksten — og er da tykkere. I begge Tilfælde plejer Slidfladen at være sleben. Lagdelingen maa ikke være saa udpræget, at Fliserne skaller under Færdslen, og ved Afslibningen bør alt det Materiale, der er blevet skørnet ved Kløvningen, fjernes, ellers kan der senere springe smaa Skaller af Overfladen.

Angaaende Slidfastheden henvises til § 282. Porøsiteten bør undersøges, hvis Fliserne kan blive udsat for farvende Vædske (§ 26). Styrken overfor Slag kan prøves som omtalt i § 90.

Fliser af Marmor er oftest 2-3 cm tykke og kan med denne Tykkelse være indtil 60 cm i Kvadrat. Meget brugt er hvide Carrarafliser af Blane elair sammen med sorte Fliser af Noir belge fra Mazy i Belgien (31,5 · 31,5 · 2 cm).

Fliser af Basalt omtales i § 164. Støbte Basaltfliser, 20 · 20 cm, fremstilles i Tyskland ved Smeltning af Naturstenen. De er uporøse, har Haardhed 9 og $S_e = 6000$ at. De forener Slidfasthed (50 Gange Støbejerns) med stor Evne til at taale høje Temperaturer og voldsomme Temperaturvekslinger. De bruges paa Gasværker til Beklædning af det Skraaplan, ad hvilket de glødende Koks. fra Retorterne glider ned, samtidig med at de overrisles med Vand.

Fliser af Neksøsandsten med kløvet, skaaren eller sleben Slidflade kan bruges saavel uden- som indendørs. De sorteres i Tykkelserne 2-3, 3-7, 7-10 og 10-15 cm. Foruden rektangulære Fliser sælges ogsaa Brudfliser med tilfældig Form og kløvet Slidflade.

Fliser af Ølandsten bruges navnlig i Mejerier, Slagterier, Mælkekædere o. 19n. Steder, derimod ikke paa Fortove, hvor de hurtig slides glatte, saa man glider i Sneføre. Paa Fyrpladser skal man heller ikke anvende dem, da de ødelægges af de glødende Slagger og slaas i Stykker af det svære Værktøj. Man bør sikre sig, at Fliserne er »kantede«¹⁾; at Kanten har en ordentlig Tykkelse og ikke løber ud i en Æg. Overfladen kan enten være raat tilhugget eller planslebet. De blot tilhuggede Fliser benævnes undertiden »Kinnekulle«, fordi slige Fliser tidligere indførtes fra Kinnekulle. De slebne Fliser benævnes undertiden »gullandske«, fordi de i gamle Dage sejlede til Danmark af gotlandske Skippere²⁾. Fliserne sælges i Dimensionerne: 30 · 30 · 6, 45 · 45 · 6, 45 · 67 1/2 · 6, 60 · 60 · 8 cm. Tykkelsen er en Middeltykkelse; Fliserne 45 · 45 · 6 cm er saaledes i Virkeligheden ca. 1,5 cm tykke i Kanten og 4-9 cm paa Midten, kun yderst sjældent mere. Tykkelsen garanterer ikke fra Stenbruddet, saa foreskriver man en bestemt Minimumstykkelse, maa den danske Forhandler som Regel selv sortere de tykkere fra. Som Følge af den store Maksimumstykkelse bliver Fliselag af denne Art meget tunge. Selve Fliserne vejer ca. 140 kg/m² svarende til Middeltykkelsen 5,2 cm; lægges de i Cementmørtel, og regnes der med 2 cm Mørtel under Midten, bliver Belægningens Minimaltykkelse 11 cm, Mørtelens Middeltykkelse 5,8 cm og hele Lagets Vægt ca. 260 kgjm².

Lægningen. Fliserne skal være plane, retvinklede, skarpkantede og af ensartet Materiale. De kan lægges i en Mørtel 1:3 med Cement eller hydraulisk Kalk som Bindemiddel eller i en Mørtel af 1 Maal CM 1:3 + 2 Maal KM 1:5; Mørtlen bør være vandfattig (§ 142). Undertiden bruges Gipsmørtel, men visse Sten - f. Eks. Ølandsten - taaler den ikke (§ 142). Der fuges med CM 1:3; eventuelle fremstaaende Kanter afslibes. Under senere Malerarbejder i Rummet, maa Gulvet dækkes, da Olien indsuges. Flisegulve renholdes ved Fejning eller Vadskning, undertiden ved Boning, navnlig naar Farverne ønskes fremhævede.

Mønstrede Flisegulve bør lægges af Sten med ens Slidfasthed, ellers holder Overfladen sig ikke plan. I Lunds Domkirke ligger gamle Kalkstensfliser med sort Indlægning fremstillet ved at udarbejde 7 mm dybe Riller og fylde dem med en sort Mørtel.

Gulvfliser paa Balkoner lægges i CM 1:2 og fuges i samme Mørtel; Fugen bør længe holdes vaad for ikke at revne. Er Fliserne tykke, kan en yderligere Sikkerhed mod Vandindtrængning opnaas ved at tildanne dem med Fals (Fig. 288).



Fig. 288.

3. Brosten.

a. Stenart og Tildannelse.

289. Krav til Stenarten. Brosten skal have følgende Egenskaber: (1) Frostfasthed, (2) Trykstyrke ≥ 1500 at, (3) Slidfastheden skal være stor (§ 56) og ensartet, (4) Stenene maa ikke slides glatte (§ 55), skal derfor være kornede, ikke tætte som Basalt. (5) Kantstyrken skal være stor, et Krav, der ikke helt falder sammen med (2), da det kun opfyldes af Sten med en vis Sejghed.

Om disse Kraver opfyldte, kan afgøres ved de tilsvarende Prøver, af hvilke navnlig Rasleprøven (§ 300) udført med den paagældende Sten i Skærveform er egnet til at bedømme (5) og til en vis Grad ogsaa (3). I amerikanske Leveringsbetingelser for Granitbrosten foreskrives kun denne Prøve og Slagprøven (§

Velegnede er middelkornet Granit, Gneis, Syenit, Gabbro og Diabas. Gneis har Ord for at slides mindre glat end Granit. Basalt er ikke saa slidfast som dansk Granit (§ 60); desuden bliver Brostenene glatte, og Kanterne er tilbøjelige til at springe af. Diorit (§ 167) er bedre, navnlig de grovkornede og porfyriske Arter.

I Danmark bruges næsten udelukkende Granit og Gneis (§ 157-60). Granitbrolægnings Egenskaber

¹⁾ her er de amerikanske Tile-Tex-Fliser (§ 225) anvendelige.

²⁾ E. M. Norregaard: Stenene i vore gamle Bygninger, Kbhvn. 1929.

sammenlignede med Træs, Asfalts og Korks omtales i *Byggematerialer* II, 1922, s. 420, 444 og 529. Deres Forhold til Betons er omtalt i *Dansk Vejtidskrift* 1933, S. 150. Ved Bombefald er sammenhængende Gadebelægninger at foretrække for Brosten, da disse slynges langt omkring.

Fremstilling af Granitbrosten sker i Stenbruddet; den kan ske for Haanden, hvis Stenarten har godt Kløv, ellers bruges en Faldmejsel. Først deles de større Blokke i »Brostensemmen« -40-80 cm lange og med et Tværnsnit svarende til Brostens lodrette Tværnsnit; Emnerne kløves ud langs Hulrækker borede med pneumatisk Bor og tilhugges. Derefter lægges de vandret under Faldmejslen, hvis lodrette-Skaft løftes af Frikationsruller og udløses, naar Arbejderen træder paa en Vægtstang. Emnet hviler paa en fastsiddende Mejsel, lodret under den faldende, og skydes efter hvert Fald en Brostensbredde frem. Om Emnernes Brug som Bygningssten se § 258.

Brugte Brosten fra omlagte Gader bliver af Københavns Kommune tilhuggede paany; eventuelt formindskes de til Fortovssten. Kan de ikke nyttiggøres paa anden Vis, knuses de til Skærver.

Krav til Tildannelsen. Slidfladen skal være rektangulær med skarpe Kanter og Hjørner og tilnærmedesvis plan uden væsentlige Pukler eller Gruber. Sidefladerne skal staa omtrent vinkelret paa Slidfladen og være saa jævne, at Fugerne kan holdes smalle. Rodfladen maa ikke være større end Slidfladen og ikke meget mindre end denne. Kravene formuleres mer eller mindre skarpt efter Stenenes Anvendelse. Iøvrigt henvises til de danske Standardblade for Brosten og Kantsten.

b. Brostensformer.

290. Man skelner mellem (1) Storbrosten, (2) Smaabrosten, (3) Mosaikbrosten, (4) Kantsten.

(1) Storbrosten bruges til Kørebaner i Gader. I Norditaliens Byer er Kørebanerne ofte belagt med store Kalkstenskvadere, 20-30 cm tykke, men i de fleste Lande er Brostene af mindre Format: $h = 12-20$ cm, $l = 15-25$ cm, $b = 9-16$ cm. I stejle Gader med Hestetrafik bør b holdes lille, saa Hestekoene faar bedre Hold. I Skandinavien skelnes mellem 3 Typer A, B, C. Type A er den bedst tildannede med megetjævn Slidflade og med saa jævne Sideflader, at Fugevidden i Slidfladen ikke overstiger 1 cm. Stenene sælges i Kvadratmeter og maales ved Hjælp af en 2. 2 m stor Ramme, indenfor hvilken de stilles Side om Side med nedadvendt Hoved.

(2) Smaabrosten eller Chaussebrosten er smaa, omtrent tæningeformede, Brosten til Vej- og Fortovsbelægning. De fremstilles i Skandinavien i 3 Størrelser, nemlig med Slidfladens Sidelinie liggende indenfor Grænserne $8/10$, $10/12$ og $12/14$ cm; Rodfladens Areal bør mindst være $3/4$ af Slidfladens. De er hyppigst af Granit eller Gneis, men f. Eks. ogsaa af hvid Kvartsit. Ved Udlægningen paa Vejen kan de stødes fast ligesom de større Sten, hvilket bruges i Sverige og Tyskland, men i Danmark og Norge foretrækkes Tromling; derved faas en holdbarere Vej, der dog ikke i Længden taaler tung Trafik; dertil kræves, at Stenene sættes paa et Betonunderlag og fuges med Cementmørtel eller Asfalt¹⁾. Slidfasthed § 56.

(3) Mosaikbrosten er farvestærke Sten mindre end Chaussebrosten og derfor kun egnede til Fortove og Pladser uden kørende Færdsel. De har kvadratisk Slidflade med 3-6 cm Sidelinie og er 5-7 cm høje. De fremstilles af let spaltende Stenarter, oftest Kalksten. I København kan de ses paa Amalienborg Slotsplads' Fortove.

(4) Kantsten fremstilles i Skandinavien i 3 Typer: Faskantsten med tilbagehældende Forflade, Vinkelkantsten med lodret Forflade og Kløvede Kantsten, der ogsaa har lodret Forflade, men som i Modsætning til de to foregaaende - ikke er regelmæssigt tilhugget.

c. Kunststen.

291. Højovns slagge udstøbes til Brosten, der navnlig bruges i Egne, hvor Natursten er sjældne. Slaggen, der er 1400° varm, flyder ind i Staalforme, og efter disses Fyldning paadryses slaggen, der gør Stenenes Overflade ru, hvorefter der paastøbes et 15 cm tykt Slaggelag, der skal sikre en langsom Afkøling af Brostene. Disse indeholder nogle Blærer, men er ellers uporøse; Trykstyrken kan variere fra 2000 at i den nedre Del til 2700 at i den øvre Del. Formen er meget regelmæssig, og Stenene lader sig let kløve.

Kobberslagge bruges paa samme Maade. Brostene er sortegraa, meget regelmæssige med en Trykstyrke af mindst 3000 at. Haardheden er 9. Slidfastheden er større end Basalts, og Stenene holder sig mere ru. Tyske Kobberslaggen kan ses i København paa Frederikssundsvej ud for Degnemosealle og i Stormgade mellem Vestre Boulevard og Vester Voldgade.

Vulkanol-Brosten presses af smaaakornet Stenaflald blandet med Ler og brændes ved 17000 (se *T.F.T.* 1912, S. 28).

C. Skærver.

1. Frelnstilling og Sortering.

292. Ved Skærver forstås de mindre, skarpkantede Stenstykker, der fremstilles i Stenbruddene (§ 231) eller Grusgravene ved at sønderdele de større Sten i Maskiner af forskellig Art. Ogsaa de store Strandsten i Stenlejerne paa Sjællands Odde bruges til Skærver.

Skærver skal helst være tæningeformede; er de flade eller lange, kræves der

¹⁾ Se ogsaa E. Suenson: Betonveje (*Dansk Vejtidskrift* 1924, Side 44) og Celmelntbeton, bælger (s. S. 1925, Side 168).

mere Bindemiddel til at kitte dem sammen, og desuden knækker de lettere, naar de ligger i en Vejbane (§ 298, 301-2), muligvis ogsaa naar de indgaar i Beton. Haandslaaede Skærver er i denne Henseende at foretrække for maskinfremstillede, men Haandarbejdet er for dyrt og langsomt. Ved Maskinfremstilling faar Skærverne en mere langstrakt Form og uensartet Størrelse, og der fremkommer flere smaa Skærver og mere Smul.

Af Maskiner bruges navnlig: (1) Kæbeknuser, (2) Pendulknuser, (3) Hammerknuser; se iøvrigt § 295¹⁾. Betegnelsen Knuser erstattes undertiden af Brækker, da Sønderdelingsmaaden i højere Grad er - eller burde være - en Brækning af Stenstykket end en Knusning, af dette. Kæbeværkerne er de hyppigst brugte; de har enten (1a) Enkeltbevægelse eller (1b) Dobbeltbevægelse.

293. Kæbeknuser med Enkeltbevægelse (Fig. 293) er den oprindelige og stadig mest brugte Form; efter Opfinderen kaldes de Blake-Knuser; i Sverige kaldes de Pendulknuser. Stenene fyldes ned i Gabet mellem en fast og en bevægelig Kæbe af haardt Manganstaal. Den bevægelige Kæbe udfører en tygende Bevægelse, hvorved Stenene sønderdeles saa meget, at de kan falde ud forneden. Med en enkelt Maskine kan man ikke omdanne store Sten til smaa Skærver; en Maskine, der skal fremstille Skærver med største Tværmaal d , kan ikke optage Sten med større Tværmaal end $4 d$ eller højst $8 d$; kræves en videregaaende Sønderdeling, maa Materialet passere flere Kæbeknuser.

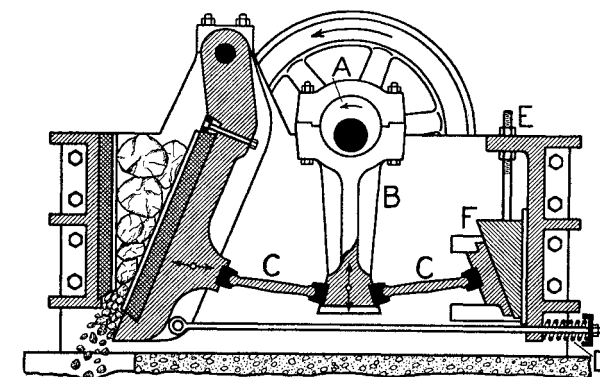


Fig. 293. Kæbeknuser med Enkeltbevægelse.

Kæben bevæges ved, at der paa Svinghjulakslen sidder en ekscentrisk Skive A, der løfter Trækstangen B, og den ene Ende af Trykpladerne C ogsaa løftes, saaledes at den bevægelige Kæbe presses mod Stenene. Tilbagegangen besørges delvis af Tyngden, delvis af Fjeren D. Ved at skille paa Møtrikerne E kan man hæve og sænke den kileformede Plade F og derved ændre Skærvestørrelsen.

Det knuste Materiale indeholder alle Skærvestørrelser fra den, der svarer til Spaltens Vidde, og ned til Støv. Man tilstræber gerne en bestemt Skærvestørrelse og faar da maaske 60 % af denne, mens 20 % er større og 20 % mindre.

Kæberne har lodrette Rifler, der er forsat for hinanden i de to Kæber (Fig. 293,1), saaledes at Stenene paavirkes til Bøjning og i højere Grad brækkes end knuses. Bøjningsbrud er at foretrække for Knusningsbrud, da det kræver mindre Kraft og giver mindre Smul, og da de fremstillede Skærver i mindre Grad er svækkede af mikroskopiske Revner. Efterhaanden som Kæberne slides, bliver deres knusende Virkning mere fremtrædende, og Mængden af Smaaskærver vokser. Samtidigt stiger Energiforbruget, og Skærverne bliver mindre kubiske og lejrer sig mindre tæt. I moderne Grovbrækkere sidder Tænderne spredt (Fig. 293,2), hvorved Bøjningsbrud begunstiges.

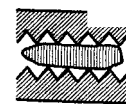


Fig. 293,1.



Fig. 293,2.

¹⁾ En Afhandling om Knusemaskiner findes i *Proceedings of The Institution of Civil Engineers*, London, Vol. 239. Session 1934-35. Part 1.

Mellem Ladetragt og Kæbeknuser indskydes undertiden en vandrende Rist, der lader de mindre Sten, der ikke behøver at deles, falde igennem sig og iøvrigt sørger for en jævn Tilførsel. At Risten ikke overfyldes hindres af et lodret Gardin' af svære Staal-kæder, som Tragtenes Sten skal skubbe til Side for at komme ud paa Risten. Kæderne er lukkede og hænger paa en vandret, roterende Aksel, hvorved Stentilførslen reguleres!).

Kæbeknuserne bygges med Ydeevner fra 0,5 til 30 m³ pr. Time.

Den viste Kæbe svinger om sit øverste Punkt, hvorved dens Bevægelse bliver størst forneden. I visse Tilfælde bruges den omvendte Ordning (Fig. 293,3) med størst Bevægelse foroven. Denne Figur viser ogsaa Brugen af Kuglelejer, som medfører en stor Kraftbesparelse og kræver mindre Pasning.

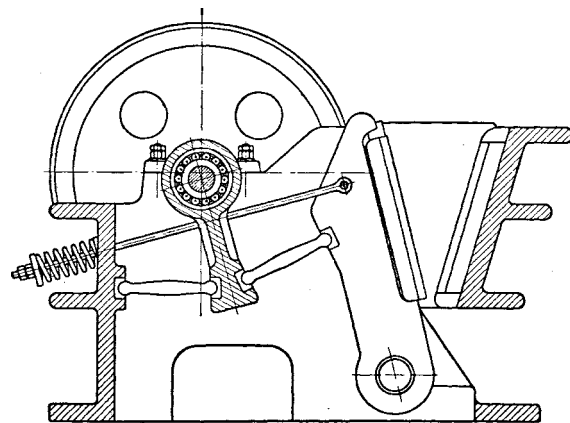


Fig. 293,3. Kæbeknuser med Enkeltbevægelse.

294. Kæbeknuserne med Dobbeltbevægelse (Fig. 294) bruges navnlig til Fremstilling af Smaaskærver. De afviger fra Blake-Knuserne ved, at den bevægelige Kæbe ikke svinger om en fast Akse, saaledes at Kæbens Punkter bevæger sig paa Cirkelbuer, men er hængt direkte op paa Ekscentrikakslen, hvorved den tillige faar en Bevægelse i Riflernes Retning, hvilket medfører, at den griber Stenene bedre og fører dem hurtigere gennem Maskinen; men Kæberne slides hurtigere.

Naar en Blake-Brækker indstilles til Smaaskærver, forstoppes den let og trykker for længe paa de sammenpakkede Skærver, Knusningen dominerer over Brækningen, der dannes for meget Sand, og Skærverne faar Haarridser. Disse Ulemper bliver mindre ved Brug af Brækkeren i Fig. 294; det Skærvegrus, en saadan leverer, kan f. Eks. have hosstaaende Sættning. Derfor bruges disse

Maskiner mest som Finbrækkere, navnlig til Fremstilling af Smaaskærver (10-30 mm) til Beton, og da enten af smaa Rundsten (<100 mm) eller større Skærver (50-80 mm), som de kommer fra en Grovbrækker. Maskinerne benyttes dog ogsaa som Grovbrækkere; de er billigere end Blake-Brækkeren, men slides hurtigere. Og de indstilles til store Skærver, vil den gnidende Bevægelse medføre, at Mængden af Smul bliver større end ved Brug af Blake-Brækkeren.	O- 5 mm	10-15%
	5-16 »	ca. 80»
	16-30 »	5-10 »

I Sverige kaldes disse Maskiner Rotationsknuser.

I en fransk Brækker af denne Art er den faste Kæbe erstattet med en roterende Valse med vandret Akse og lodrette Rifler. Den kan være drevet af en Motor eller være fri; ogsaa i sidste Fald vil den rotere langsomt, drevet af

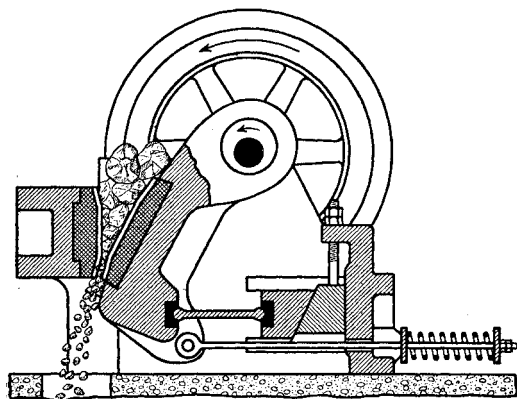


Fig. 294. Kæbeknuser med Dobbeltbevægelse.

Skærvestrømmen. I begge Tilfælde lettes Skærvernes Passage, Faren for Forstoppelse forringes, og Smulprocenten bliver lav.

Ved Fremstilling af Betonbygværker i isolerede Bjærgene indretter man midlertidigt Stenbrud umiddelbart ved Betonblandemaskinen, og Skærverne fremstilles da med Kæbeknuser, medens Sandet fremstilles ved at vaadmale de mindste Skærver i Kuglernøller (§ 295). Transportable Maskiner med Motor,

1) B. u. E. 1931, S. 305.

Kæbeknuser og Sorteretromle samlede paa en lang Vogn bruges ved mindre Arbejder.

295. Pendulknuser (Fig. 295) bestaar af en ringformet fast Kæbe A og en kegleformet Kæbe C af Staal eller Støbejern ophængt som en Knebel i Kugleskaalen B. Knebelens nedre Ende føres rundt i en Kreds af det koniske Tandhjul E, der har en ekscentrisk anbragt Bøsning, der styrer Knebelenden. Skærverne glider ad Skraaplanet D ud af Maskinen. Saa-danne Pendulknuser er mere ydende end Kæbeknuserne, da Knebelens kontinuerlige Bevægelse er fordelagtigere end Kæbens afbrudte; de giver ogsaa

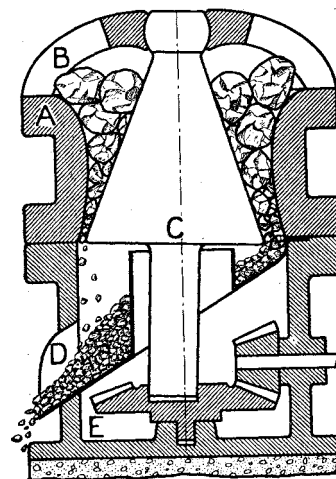


Fig. 295. Pendulknuser.

mindre Skærvesand, og Skærveformen bliver mere kubisk, i alt Fald medfører Bundhullets Cirkelform, at lange, flade Sten ikke kan gaa ubrudt igennem som i Kæbeknuser (Fig. 295,1).

Ved at hæve eller sænke Pendulet kan man i nogen Grad ændre Skærvestørrelsen.

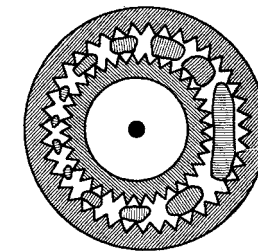


Fig. 295,1. Snit.

Hammerknuser (Fig. 295,2) bruges til Sønderdeling af Singel eller store Skærver og kan indstilles til at levere Grus, Sand eller Pulver med ønsket Maksimalstørrelse. De bruger mindre Kraft og slides mindre end Kæbeknuser.

Paa Akslen D er fastgjort 2 svære Staalskiver C, der yderligere er forbundet ved Boltene B. paa disse hænger 2 U-formede Bøjler A, der af Centrifugalkraften slynges ud i radiær Stilling og virker som Hamre. Skiverne roterer saa hurtigt (360-1600 Omdr. pr. Min.), at de gennem Fødetragten indstrømmende Skærver alle rammes af Hamrene, hvis kraftige Slag kløver dem og slynger Stykkerne mod de haarde Staalplader, med hvilke Kassen erbeklædt; der ved kløves de paany, og under Tilbagespringet rammes de atter af Hamrene.

Paa denne Maade føres de frem i Rotationsretningen i en zig-zag-for, met Bane. Ristestængerne nederst i Figuren kan let ombyttes med andre, hvis man vil ændre de udfaldende Kornes Maksimalstørrelse. Ved Fremstilling af Betongrus og Vejgrus med $d_{maks} = 20$ mm eller mere kan man fjerne Ristestængerne, hvorved Maskinens Ydeevne vokser stærkt.

Det Grus, som disse Maskiner leverer, at have en Kornkurve, der meget nær er en 2' Grads Parabel, og Parablen er den samme, enten d_{maks} er større eller mindre, og enten Maskinen arbejder med eller uden Ristestænger. Desuden bliver mere kubisk end ved Brug andre Sønderdelingsmaskiner.

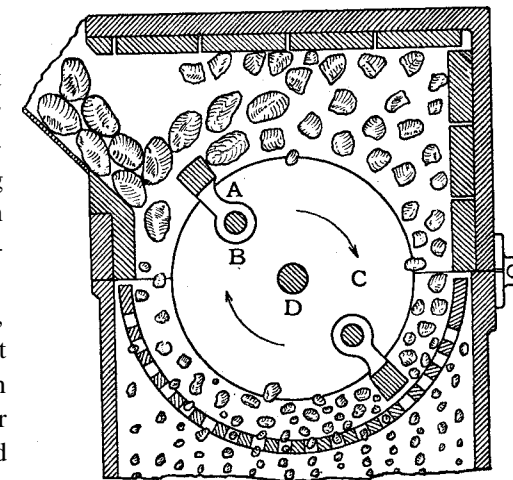


Fig. 295,2. Hammerknuser.

Finhedsgraden bestemmes af Ristevidden, der kan varieres fra 1,5—50 mm" samt af Rotationshastigheden; med denne vokser Mængden af Mel, og Mel er som Regel uønsket. Hvis Maskinen arbejder uden Ristestænger, kan Grusets Finhedsgrad forøges ved at Indsætte to ekstra Hammere. Maskinen bygges for Ydelser mellem 4 og 25 m³ pr. Time.

Den øverste Halvdel af Kassen kan lukkes op som et Laag, naar Maskinen skal efterses.

Fintygger, der omdanner 4-6 cm Skærver til Skærvegrus med særligt ringe Indhold af Mel, fremstilles i Sverlgeefter et andet Princip (Fig. 295,3). Skærverne

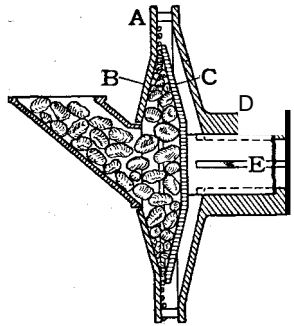


Fig. 295,3. Fintygger.

glider ind mellem to radiært rillede, koniske Skiver B og C, der roterer i ens Retning og med ens Hastighed, hvorved Skærverne af Centrifugalkraften slynges ud mod Periferien. Skiven B er gennem Boltene A fast forbundet med den rørformede Aksel D. Inde i denne ligger Akslen E, der deltager i Rotationen, men samtidigt bevæger sig hurtigt frem og tilbage i Rotationsaksens Retning, hvorved Skiven C, der sidder paa den, knuser Skærverne saa meget, at de kan passere Spalten mellem Skiverne. Da Kornene slynges ud gennem Spalten, saasart de har naaet denne Størrelse, dannes der kun lidet Mel.

Valseværker bruges kun lidet til Skærvefremstilling, men undertiden bruges piggede Valser paa Cementfabriker til den første Knusning af Kalkstenen. Er Stenstykkerne meget store, anvendes Valseværker med kun en Valse, der arbejder mod en lodret Plade, der er befæstet med Fjedre, saa den kan Vlge vandret ud og derved lette de store Stens Nedsynkning. Valseværker med glatte Valser bruges, naar smaa Skærver eller Rundsten af Indtil Valnødstørrelse skal knuses til Sand og Mel. Ogsaa i dette Tilfælde kan den ene Valse glve fjedrende efter" saa der ikke sker Brud paa Maskinen, hvis en Stener for haard til at knuses. Sten indtil Nævestørrelse kan behandles, naar man bruger to Valsepar, det ene over det andet, og gør det øverste Pars Spaltevidde passende stor.

Kuglemøller, hvis Brug til-Prøvning af regelmæssige Stens og af Skærvers Slidfasthed omtales i § 63 og 299, bruges ogsaa i Stenindustrien til Findeling. Nogle leverer et fint Mel (§ 302), andre en Kornblanding fra Ærtestørrelse ned til Mel (§ 294).

Vindsigteapparater kan bruges til at skille Melet fra de grovere Korn, som derefter males videre.

296. Skærvernes Sortering sker paa Rystesold eller roterende Sigte-tromler (Fig., 296) liggende over en Silo med et Rum for hver Skærve-størrelse; se iøvrigt § 314.

I Stenbrud kan man stille Kæbebrækkeren paa en Klippeafsats i Højde med Tromlen og erstatte Spandkæden med et vandret Transportbaand af Gummi. Tromlen er ofte meget længere, end den skematiske Fig. 296 viser; paa Hammerens Granitværk bruges 16 m lange Sorteretromler, een til de store Skærver og en anden til de smaa. Rystesold foretrakkes i stigende Grad for Tromler, navnlig til Sortering af Smaaskærver. Skal Skærver leveres støvfri, hvilket sjældent kræves, maa de vadskes, eller ogsaa maa Sorteretromlen kombineres med en Ventilator, der suger støvet bort.

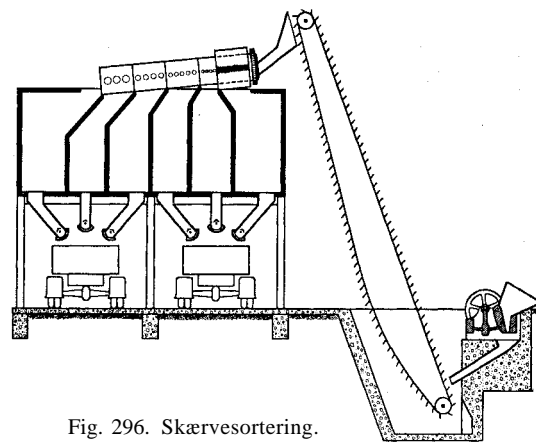


Fig. 296. Skærvesortering.

Udbyttet afhænger af Sorteringsgraden; jo flere Størrelser man sorterer i, des mere fylder Skærverne.

Af 1 m³ fast Klippe faas 1,6-2 m³ Brudsten, og naar 1 m³ Brudsten knuses, fylder det knuste Materiale: Usorteret: 0,75-0,85 m³. Sorteret i 2 Størrelser: 1,06-1,12 m³. Sorteret i 3 Størrelser: 1,10-1,15 m³. Ifølge Opgivelse fra et Basaltværk faar dette af 1 m³ Brudsten med Lejringsstæthed r : R = 0,58 hosstaaende Skærveudbytte, men Forholdene kan variere meget.

0,268 m ³ store Skærver	med Lejringsstæthed	
0,615 » normale' Skærver	»	
0,123 » smaa Skærver	»	0,48
0,112 » Skærvegrus	»	0,47
1,118 m ³ ialt		

297. Skærvestørrelser. Hosstaaende Størrelser (cirkulære Hul-ler) er de hyppigst' anvendte. Skærvegrus er en usorteret-Blanding af Skærver og Skærvesmul (og benævnes efter de største Skærver, der findes i det, f. Eks. 5 mm Skærvegrus.(5/0), 10 mm Skærvegrus (10/0), o.s. v.

Ved Modtagelsen kontrolleres Skærvestørrelsen ved Sold med nævnte Hulstørrelser, idet der udtages en Skærvemængde, hvis Vægt er mindst 50 Gange den største Skærves Vægt. Leveringsbetingelserne bør indeholde passende Tolerancebestemmelser (§ 304).

Knusemaskinens Indflydelse paa Skærvestørrelsen omtales i § 293-5. Skærvestørrelsen ved forskellige Anvendelser i § 303-8.

Vægt og Lejringsstæthed af Granitskærver fra Hammeren (Blokvægt 2640 kg/m³) er:

Skærvestørrelse mm	60/45	60/30	45/30	30/20	20/10	10/5	5/2	2/0
Vægt kg/m ³	1450	1430	1400	1350	1330	1300	1400	1450
Lejringsstæthed %	55	54	53	51	50	49	53	55

For smaa Granitskærver (15/5 og 10/5 mm) af anden Oprindelse fandtes Rumvægten 1,4 kg/l, enten Skærverne var tørre eller vaade; Lejringsstætheden var altsaa lidt mindre for de vaade Skærver end for det tørre. For Skærvesand 5/0 mm fra Sjællands Odde med ½^o Vand fandt jeg Rumvægten 1577 g/l med Böhmes Apparat og 1652 kg/m³ i et Børmaal (80 l) fyldt som paa en Byggeplads. Tallene svarer omtrent til, hvad man finder for tilsvarende Havs.a.nd.,

Gennemsnitsvægte til Brug ved Siloers Dimensionering og i andre Tilfælde, hvor Skærver skal bæres, er opført hosstaaende. Den naturlige Skræntvinkel kan regnes at være 45°.

Btudsten	1800 kg/m ³
Naturstensskærver	1600 »
Murstensskærver	1000 »
Slagger, Koksaske	800 »

2. Vejskærver.

a. Prøvning.

a. Oversigt.

298. Vejskærver skal kunne taale Frost, maa ikke knuses ved Sammentromlingen eller under Hjultrykkene og Slagene fra Hestehovene; desuden skal de være slidfaste, saa de kan modstaa saavel det direkte Slid fra Færdslen paa Vejens Overflade som det indre Slid i Vejlegemet, hidrørende fra Bevægelser i dette, under Hjultrykkene. Skal Skærverne bruges til almindelig Makadam, maa det afslidte Pulver helst i nogen Grad kunne hærde under Paavirkning af Vejens Fugtighed, saa det virker sammenkittende paa Skærverne.

Skærvernes Evne til at taale Tryk, Slag og Slid er i saa høj Grad afhængig deres Form og Størrelse, at den slet ikke eller kun meget mangelfuldt kan bedømmes ved de sædvanlige Prøver med regelmæssige Prøvelegemer., 70/60 mm Skærver kan være 40 % modstandsdygtigere end 40/30 mm Skærver, kubiske Skærver kan være 40 % modstandsdygtigere end flade, fordi disse faar større Bøjningsspændinger og har skarpere Kanter, der lettere knuses. Derfor er det bedre - og det er ogsaa billigere - at prøve Skærverne, som de foreligger; og ikke enkeltvis, men i Samling (§ 302).

De Egenskaber, der navnlig bør undersøges, er: (1) Frostfasthed (§ 99), (2) Slidfasthed, (3) statisk og dynamisk Knusningsstyrke. Slidfasthed og Styrke bør bestemmes saavel før som efter Frostprøve og i begge Tilfælde med Skærverne i saavel tør som vaad Tilstand. Endvidere undersøges (4), Størrelse (§ 297) og muligvis (5) Rumvægt (§ 297) samt (6) Stenpulverets Kiteevne (§ 302).

β. Slidfasthed.

299. Skærvers Slidfasthed bedømmes ved Hjælp af roterende Tromler, i hvilke Skærverne udsættes for Slid og Slag. For at forstærke Virkningen bruger man enten (1) Devals Tromle, der drejer om en skæv Akse, eller (2) Bølgetrom (Fig. 301) eller (3) Kuglemøller. Er Skærverne smaa, kan man kun ved Brug Kuglemøller opnaa en maalelig Virkning paa en rimelig Tid (§ 301).

En Fejlkilde ved disse Prøver er, at det dannede Stenmel beskytter-Skærverne, medens det hurtigt forsvinder, fra en Vejs Overflade. Denne Fejlkilde stoppes, hvis Melet bortuges under Forsøget. Undertiden forsynes Tromlen med Længdespalter, saa Melet falder ud, men derved indføres en ny Fejlkilde, idet de indvendige Spaltekanter efterhaanden slides runde. Undertiden tømmes Tromlen efter hver 1000 Omdrejninger, og kun de Skærver, der bliver liggende paa 1 cm Sigten, paafyldes igen.

300. Devals Rasleprøve er den mest benyttede. Skærverne fyldes i en cirkulær cylindrisk Tromle (Fig. 300), drejelig om en vandret Akse, der gaar fra den ene Endebunds Periferi til den anden gennem Cylindrens Tyngdepunkt. Naar denne Tromle roterer, vil Skærverne dels gnide mod hinanden og dels hamre paa hinanden, og den Mængde af findelt Materiale, som et vist Antal Omdrejninger frembringer, er et Maal for Skærvernes Modstandsevne overfor denne sammensatte Paavirkning. Som Regel vokser Slidfastheden med Materialets Slag- og Trykstyrke, men der er mange Undtagelser.

Devals Tromle bestaar af en roterende Ramme, i hvilken der er anbragt en eller flere Cylindre med en Diameter paa 20 cm og af 34 cm Længde (indv. Maal). Cylindrene er lukket i den ene Ende og i den anden Ende forsynet med et tætsluttende Laag. De er saaledes anbragt i Rammen, at deres Akser danner en Vinkel paa 30° med den Akse, hvorom Rammen roterer. Rammen foretager 30-33 Omdrejninger pr. Minut.

Forsøget udføres paa følgende Maade. Af det foreliggende Parti Skærver udvælges eller tilhugges ca. 100 Stk., hvert paa ca. 100 g. De udvalgte Skærver, vadskes og tørres, hvorefter der anbringes 5 kg (± 50 g) Skærver i hver Cylinder. Efter 10 000 Omdrejninger af Cylindrene¹⁾ udtages Skærverne, hvorefter de sigtes paa en Messingtraadsigte med en Maskevidde af 1,6 mm. Sigteresten vadskes og tørres. Som Slidtab regnes Vægtforskellen mellem de afvejede Skærver og den vadskede og tørrede Sigterest. Resultatet opgives som Middeltal²⁾ af de for hver Cylinder fundne Tal.

I Frankrig og Belgien udføres Prøven med 40-45 Skærver, der har passeret 6 cm Soldet og er blevet liggende paa 4 cm Soldet, og som tilsammen vejer 5 kg ± 50 g. I Stedet for en Sigte med 1,6 mm Maskevidde, bruges et Sold med 1,6 mm Huldiameter. Er Slidtabet A g udtrykker Byen Paris' Laboratorium Resultatet ved Tallet Af/100, medens Bro- og Vejlaboratoriet i Paris bruger Devals Slidfasthedstal 2000/A. Det procentiske Slidtab er $p = A/50$.

Resultater. For de Granitkærver, der bruges i Danmark, ligger Slidtabet gerne mellem 1,9 og 4,5 Vægtprocent og er gennemsnitlig 2,8; for Basaltkærver er fundet 2-4,4% for Rullestensskærver 1,7 og 3,4% For vandmættede Skærver findes i Reglen 2-3 Gange saa store Tab uden Hensyn til, om Skærverne forud er, frostprøvede eller ej.

For Vejskærver til almindelig Makadam, Asfaltmakadam og Asfaltbeton foreskriver A.S.T.M., at Slidtabet ikke maa overstige 6%³⁾

Rasleprøven giver andre Resultater end de almindelige Slidfasthedsprøver udførte paa Jærnskeive (§60), da det fortrinvis er Skærvernes Kantstyrke, der prøves. Som Resultat af en amerikanske Forsøg fandtes hosstaaende Middeltal³⁾.

Bølgetromler af den i Fig. 300,1 viste Form foretrækkes undertiden for Devais, de er f. Eks. normerede i Tyskland og Tjekoslovakiet. Rotationen foregaar om Tromleaksen, der ligger vandret. Som Prøven almindeligvis udføres, giver den ca. 50% mere Slid end Devais. Resultaterne for Kalk-Ballastskærver synes at stemme med praktiske Erfaringer i Tyskland.

301. Kuglernøller indeholdende Kugler af Staal eller Støbejern virker voldsommere end de foran omtalte Tromler.

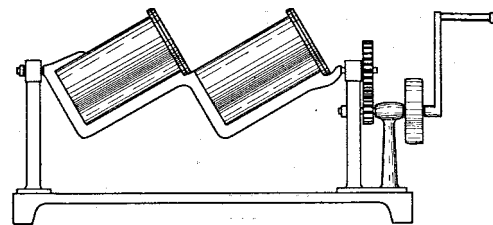


Fig. 300. Devals Tromle.

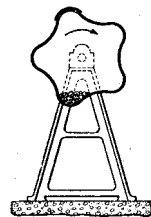


Fig. 300,1.

Stenart	Slidtab		Slag- styrke ⁴⁾ Slag	Kitte- evne Slag
	Rasle- prøve	Jærns- skeive ³⁾		
Diabas	2,7%	6,9 g	20	101
Basalt	2,9»	8,1 »	18	108
Gabbro	3,0»	6,6 »	15	
Diorit	3,3»	5,4 »	16	28
Andesit	3,8»	8,7 »	18	196
Granit	4,5»	4,5 »	12	18
Kalksten	5,2»	16,8 »	8	54
Sandsten	5,7»	15,0 »	12	62

1) Hver enkelt Skærve har da gennemløbet en Vejlængde af ca. 5 km.
2) T.F.T. 1913, S. 214.
3) Dorrays (§ 59). 4) se § 90.

Los Angeles Tromlen, med hvilken man i U.S.A. har gjort bedre Erfaringer end med DevalTromlen, er en almindelig Tromle ($d_i = 28$ in., $l_i = 20$ in.), der drejer sig 30 Gange pr. Min. omkring en vandret Akse, og som indeholder 12 Støbejernskugler, $1\frac{1}{8}$ in. i Diameter, og vejende 390-445 g pr. Stk. Paa Tromlens Inderside sidder en enkelt Længderibbe, der springer $3\frac{1}{2}$ in. frem, og som tager Kugler og Skærver et Stykke med til Vejrs. I denne Tromle vil Skærverne ikke blot slides, men ogsaa knuses, ligesom de gør i Praksis, naar Vejen tromles. Efter Forsøget vadskes Skærverne fri for Korn mindre end 1,68 mm, tørres og vejes, og Vægttabet opgives i O/o af den oprindelige Skærvemængde ($5 \text{ kg} \pm \frac{1}{2} \%$). Denne Prøve har i højere Grad end Devalprøven givet Resultater, der stemte med Erfaringerne fra de samme Materialers Brug i Praksis, og Aarsagen menes at være, -at Resultatet af Devalprøven i saa overvejende Grad afhænger af Skærvekanternes Tilstand, at Skærveformens Betydning -kubisk contra flad eller langstrakt - tilsløres, hvilket ikke er Tilfældet ved Los Angeles Prøven. Desuden er Prøven hurtigere, idet man bestemmer Vægttabet efter 100 og 500 Omdrejninger, mens man ved Devalprøven anvender 10000. Tromlen bruges ogsaa til Prøvning af Rundstenl).

Gadekliker prøves i U.S.A. og Holland paa tilsvarende Maade, men Tromlen har Længdespalter, der tillader det afslidte Materiale at falde ud. Der nedlægges et givet Antal hele Klinker i Tromlen, og efter visse Antal af Omdrejninger undersøger man, om de er knækkede, og bestemmer deres Vægtlab samt Kornstørrelsen af det bortgaaede Materiale.

Smaaskærver og andre Smaasten prøves af Vejlaboratoriet i København, i en cylindrisk Kuglemølle med 50 cm Diameter, roterende 70 Gange i Minuttet om en vandret Akse. Den fyldes med 500 g lufttørt Materiale, der ved Sigtring er befriet for Korn < 2 mm, og med en 41 mm Staalkugle vejende 280 g, hvorefter man lader, den løbe i 15 Minutter. Materialets Forfining kan bedømmes ved Sigteprøver, der foretages før og efter Malingen, idet man enten udregner Overfladeareals Forøgelse (§ 337), eller Abrams' Grovhestals Formindskelse (§ 338); disse Værdier varierer noget nær proportionalt. Undertiden nøjes man med at bestemme Vægtmængderne af Korn > 5 mm før og efter Malingen. Ogsaa Litervægtens Forøgelse kan være et Maal for Forfiningen. I alle Tilfælde viser det sig, at Skærver forfines mere end runde Korn, og at Basaltkærver er væsentlig modstandsdygtigere end Granitkærver. For disse har man gennemsnitlig fundet Overfladeforøgelsen $2,0 \text{ m}^2/\text{kg}$ og Grovhestallets Formindskelse 1,48, medens de tilsvarende Tal for Basalt var 0,50 og 0,40 (Meddelelser fra Vejlaboratoriet Nr. 8, 11, 14).

I- Knusningsstyrke, Slagstyrke, Kitteevne.

302. Knusningsprøver udføres ved at fylde en vis Mængde Skærver med kendt Grovhestal (§ 338) i en cylindrisk Staalbeholder (Fig. 302), underkaste dem et, stort Stempeltryk og derefter paany bestemme Grovhestallet. Denne Paavirkning svarer nogenlunde til Vejskærvers under Sammentromlingen.

Er Grovhestallet G og g , kan Knusningsgraden udtrykkes enten ved $G-g$ eller ved G 's procentiske Formindskelse: $\frac{G-g}{G} \cdot 100\%$. Undertiden nøjes man med at bestemme den Mængde Skærvegrus $10/0$ mm,

som er dannet. Skærverne bør være en Gennemsnitsprøve i Henseende til ikke blot Skærvestørrelse, men Skærveform. Kubiske Skærver kan være indtil 40% mere modstandsdygtige end flade. Det knuste Materiales Kornkurve (§ 335) plejer at være nedad mellem 0 og 5 mm og nogenlunde retlinet mellem 5 og 30 mm. Mellem Knusningsgraden og Tærningstyrken er der kun ringe, Forbindelse.

I Tyskland bruges det i Fig. 302 viste Apparat — Knasten forinden passer til en Udsparring i Pressens nedre Trykplade — der fyldes med 2,1 Liter Skærver blandede af ens Vægtdele af 60/50, 50/40 og 40/30. Først bestemmes de blandede Skærvers Rumvægt og derefter afvejes den Mængde, der svarer til 2,1 Liter; hver Størrelse afvejes for sig. Stempeltrykket er 40 t; det paaføres i Løbet af $1-1\frac{1}{2}$ Minut, hvorefter der straks aflastes. Som Maal for Knusningsgraden bruges Mængden af Korn med $d < 10$ mm; denne Mængde angives i% af den indfyldte Skærvemængde og som Middeltal af mindst 3 Forsøg.

Slagprøver kan ogsaa udføres med Morteren i Fig. 302, som da indstilles i et Slagværk (§ 90). Man lader en 50 kg Faldklods falde 20 Gange paa Stemplet fra 50 cm Højde. Iøvrigt gaas frem som ved Knusningsprøven.

Er Kornstørrelsen under 25 mm bruges undertiden en mindre Morter og mindre Faldklods og Faldhøjde.

Ingen af ovennævnte Prøver bruges i U.S.A., derimod bestemmes Slagstyrken af cylindriske Prøvelegemer, som beskrevet i § 90 og 300. For Vejskærver til almindelig Makadam, Asfaltmakadam og Asfaltbeton kræver A.S.T.M., at Brud tidligst maa ske ved Faldhøjden 6 cm.

Sammenkitningsevnen hos det afslidte Materiale kan være af Betydning i makadamiserede Veje og undersøges ved at knuse og vaadmale Skærverne paa standardiseret Maade i en Kuglemølle, forme smaa Trykprøvelegemer af Massen i en Presse, tørre dem 20 Timer i Stuetemperatur, 4 Timer ved 100°.

¹⁾ A.S.T.M. Proceedings 1935, Part II, Technical Papers, S. 511; A.S.T.M. Standards 1939, Part II, S. 288.

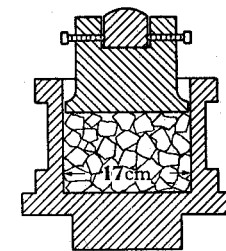


Fig. 302. Knusningsprøve.

afkøle dem i en Ekssikator i mindst 20 Minutter og derefter bestemme Slagstyrken. Prøvelegemerne er Cylindre med $h = d = 2,5$ cm, og Endefladerne afslibes nøjagtigt inden Prøven. Denne sker i et Hammerapparat, hvis Hammer vejer 1 kg og falder fra 1 cm Højde een Gang i Sekundet. Slagantallet inden Brud er Maal for Sammenkitningsevnen og aflæses paa et Diagram, som Maskinen tegner. Som Brud regnes en Stukning >5 mm. Kvarts har ingen Sammenkitningsevne, men Feldspat og navnlig Kalksten har: Se ogsaa Tabellen i § 300. Skærvegrus til Travbaner maa ikke have denne Evne (§ 303).

b. Arter af Vejskærver.

303. Til Veje i Danmark bruges overvejende Granit og lignende haarde Bjergarter. Blandingsskærver - se nedenfor - finder Anvendelse paa Biveje.

Granitskærver faas dels fra bornholmske og svenske Stenbrud, dels fremstilles de af Søsten aflejrede paa vorø Kyster eller af de store Granitsten i Grusgravene. De er baade stærke, frost- og slidfaste, navnlig Klippe- og Søstensskærverne (§ 300-1).

Klippeskærverne fremstilles navnlig af mellemkornet Granit (Hammer, Vang, Rønne).

Granitskærver bruges til makadamiserede Veje, og de store Skærver lægges da i Bunden, de mindre overpaa. Ogsaa Gulve fremstilles af Skærver (smaa) uden Bindemiddel, blot sammenstampede med Tryklufthamre, saafremt de er udsatte for Spild af Stoffer, der opløser de almindelige Bindemidler. Størrelsen varierer med Anvendelsen: Makadamiserede Veje 65/30, Reparation af do. 45/5, Underlag for Betonveje 30/20, Toplagsfyldning 20/10, Overfladebehandling af Makadam 15/5 og 10/5, af Gang- og Cykelstier 5/2 og 5/0. Rumvægt § 297.

Granitskærvegrus bruges navnlig i Størrelsen 10/0 mm, og naar det er saa fint eller finere, sælges det undertiden under det lidet velvalgte Navn Granitmel eller Stenmel. Det bruges f. Eks. til Belægning af Travbaner, da de gode Sorter bevarer en passende fast Lejrning i al Slags Vejr, idet de ikke holder paa Vandet og ikke binder sammen ved Indtørring. Rumvægt § 297.

Ved en Undersøgelse af to Sorter Gneissmul 5/0 mm fra Københavns Traverbane, af hvilke den ene (A) havde vist sig god, Illensden anden (B) holdt paa Vandet og ved Indtørringen klæbede sammen i haarde Kager, fandt jeg, at der af Kornstørrelsen 5/0,2 mm var 72% i A og kun 58% i B. Trykstyrken af Tærninger formede med Vand og henstillede 28 Døgn i ret fugtig Luft var 4,9 og 5,5 at. Mængden af lærfine Partikler bestemt ved Slæmning var 6,6 og 8,00/0 idet brugte Sand mod 7,4 og 11,8% i Sand taget fra Banen. Naar Kornene 5/0,2 mm maledes tørt paa Kuglemølle, aftog Mængden af disse Korn til 68 og 64%; naar de maledes vaadt, sank Mængden til 26 og 23%. De to Sandsorters forskellige Forhold paa Banen, kan derfor forklares ved, at B paa Forhaand har været finest og haft størst Sammenkitningsevne; den har da i højere Grad end A holdt paa Vandet og er oftere end A blevet udsat for Vaadmaling, hvorved den oprindelige Forskel i Finhed stadig er blevet forøget. Da A's Farve var rødlig, B's grønlig, skyldes Kvalitetsforskellen formentlig Mineralerne og ikke Knusemaskinen.

Bitugranit kalder Fabriken Phønix, Vejen, Smaaskærver overtrukne med mexikansk Bitumen. De udlægges paa Cykelstier og Gaardspladser og sammentromles koldt til et 1—2 cm tykt Lag. Der bruges Rønnegranit i Størrelserne 10/2, 6/2 og 5/0 mm.

Idealblandinger kalder Stenlejerne paa Sjællands Odde Skærvegrus til tynde Dæklag af Asfaltbeton paa Veje i Størrelserne 10/0, 6/0, 4/0, 2/0 mm, fordi de har Kornkurver svarende til Kornkurven for Gruset i en Asfaltbetonvej efter 3aarig Trafik. Tanken med at fremstille saadant Grus er, at den Knusning af Kornene, som Trafikken medfører, standser, naar Kornkurven har faaet en vis Form, der medfører, at Kornene støtter hinanden paa gunstig Maade; naar Gruset allerede ved Udlægningen har denne Kornkurve, skulde det ikke knuses i Vejen. Ved Sigtning af Blandingen 10/0 fandtes:

>10	10/5	5/2	2/1,5	1,5/1	1/0,5	0,5/0,3	0,3/0,2	0,2/0,12	0,12/0,09	<0,09 mm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	7,8	29,2	6,1	6,7	14,7	6,3	5,0	10,8	4,4	8,9 %

Disse Idealblandinger sælges ogsaa »præparerede« med Cement, hvorved hvert Korn har faaet et tyndt Cementovertræk, der forøger Kornenes Vedhængning til Asfalt og Tjære.

Hvide Kvartsitskærver indføres fra Sverige til Vejbygning. Om Kvarsitsand se § 190. Basaltskærver udmærker sig ved stor Slidfasthed (§ 300-1).

Blandingsskærver fremstilles i vore Grusgrave af de mellemstore Sten (Granit, Flint, Kalk), som ikke kan nyttiggøres paa anden Maade (§ 314). De knuses sammen. De er mindre frost- og slidfaste end de rene Granitskærver. De bruges til makadamiserede Biveje. Skærvegruset sælges under Navn af Flintgrus til Belægning af Havegange, men den skarpkantede Flint skærer i Skosaalerne. Se ogsaa § 366 og 392.

Kalkfri Blandingsskærver. Grusgravens Salgskontor udsorterer deres mellemstore Sten og lader dem gaa over Transportbaand, hvor Ialken frasorteres. Derefter knuses og sorteres i følgende Størrelser: 70/30, 50/30, 30/14, 14/4 mm; der bruges Rundhulssigter, kun 4 mm Sigten er en Traadsigte.

Kalkstensskærver fremstilles i de danske St u h d Flint, da saadan Kalk har stor Styrke og ikke kan bruges paa anden Maade. Kalkstensskærver er mindre af frost- og slidfaste end Granitskærver (§ 300). Flint siges at være for sejt til, at det kan betale sig at knuse den. Se ogsaa § 193.

Filler er den engelske Betegnelse for fint mineralsk Mel til Indblanding i Asfalt og Tjære for at bibringe disse Stoffer en stivere og mindre temperaturafhængig Konsistens. Oftest bruges Kalksten, brændt Kalk eller Cement.

1 kg Filler blandes med 15-3 kg af det bituminøse Stof. Filleren skal være absolut tør og meget stærkt fmdelt og have en lav og konstant Litervægt. Hele Massen skal kunne passere 0,42 mm Sigten, og mindst 80 Vægtprocent skal kunne passere 0,074 mm Sigten. Iøvngt bedømmes Finheden ved Luftslæmning (§ 328) eller ved Pipetmetoden (§ 330).

Knust Højovns slagge sorteret i Størrelserne 15/5 6/2 6/0 bruges til 4-5 cm tykke Slidlag paa Veje. Massen uægges kold og overtrukket med Bitumen. Andre Skærvearter nævnes i § 306-7.

c. Leveringsbetingelser.

304. Granitskærver skal være af stærkt g vejr t K givet, om de tilbudte Skærver er haand- eller maskinslagne, ampestensmateriale. Undertiden kræves opsten, og i sidste Tilfælde, hvorfra Materialet hidtøffer. Ved as prøven bør Sliddet ikke overstige 3% (§ 300).

Blandingsskærver maa naar intet andet er angivet, foruden Granitskærver indeholde højst 50 Vægtprocent Flintskeærver og indtil 20 Vægtprocent Skærver af haard Kalksten og lignende haarde Natur-

Skærvestørrelsen skal være saa ensartet, at mindst 70 Vægtprocent af Skærverne ligger indenfor de i Betingelserne angivne Grænser (§ 297), medens højst 10 Vægtprocent maa være indtil 20% større, og højst 15 Vægtprocent maa være mindre. Kontrollen udføres med mindst 50 kg Skærver. Maskinkløvede Skærver maa ikke indeholde nævneværdige Mængder Skærvesmul, medens haandkløvede Skærver maa indeholde det fine Materiale, der opstaar ved deres Fremstilling. Jord eller blandinger maa ikke forekomme; runde eller halvrunde Sten heller ikke. Der er andre fremmede Ind-

De amerikanske Tolerancebestemmelser der er udarbejdet af A.S.R.M. kan, naar de nominelle Grænseværdier for Skærvestørrelsen kaldes D og d udtaltes i A.S.R.M. kan, naar de nominelle rykkes som i oostaaende Tabel.

D mm	d mm	Skærver >D	Skærver <d	Skærver <½ (D+d)	Anvendelse
89	64	højst 5%	højst 15%		Alm. og Asfalt-Makadam
64	32	» » »	» » »		» » » »
32	19	» » »	» » »	25-75%	Asfaltmakadam Bundlags Overfladehuller
32	6,4	» » »	» 10 »	» » »	Asfaltbeton, grovkornet
19	6,4	» » »	» 15 »	» » »	» finkornet og Asfaltmakadams Toplag
13	6,4	» » »	» » »		Asfaltbetons Toplag
19	0	» » »		<6,4 mm: 40-80%	Alm. Makadam. Gruset skal have passende Bindekraft
6,4	0	» 15 »			

3. Ballastskærver.

305. Ballastskærvers Paavirkning svarer meget nær til Vejskærvers; de faar s fra Svellerne og Stophakken, og de prøves paa samme Maade som Vejskærver, blot ikke m.H.t. Stenpulverets Bindeevne. Basaltskærver anses for en de bedste Ballastarter. I Danmark bruges Granit- og Blandingsskærver.

I de danske Statsbaner kræves Granitskærver 70/30 mm, dog maa indtil 15% være 84/70 mm og 10% være Skærverne maa ikke være udpræget flade eller lange. Se ogsaa § 392. I Tyskland prøves de som Vejskærver, dog er der enkelte Afbigelses. De leverede Skærver (70/35 mm) sigtes, og kun Fraktioner 50/40 mm prøves. Efter Prøven udregnes Grovhestallets Formindskelse G, hvorved sættes til 5, og g bestemmes af Sigteresterne paa fem nærmere angivne Sigter. De tykke Statsbaner har tidligere foretaget Knusningsprøven med 3 l Skærver og Slagprøven med s e

51, og ved denne efterlignedes Stophakkens Virkning, idet Faldklodsen havde fremspringende Kamme, der direkte ramte Skærverne, som ikke var dækket af noget Stempel. Desuden udregnede Grovhedstallet g paa en særlig Maade, idet de forskellige Fraktioners Vægte multipliceredes med en Skadelighedsfaktor, der voksede med Fraktionens Finhed (*I.M.'s Zürich-Kongres 1931, Bind I, S. 581*).

4. Betonskærver.

306. I Danmark bruges Skærver lidet til Beton, da de er dyrere end Rundsten og ikke tilsvarende bedre, navnlig ikke naar Betonen udstøbes plastisk (*Jærnbeton 1931, § 111, 143, 739, 749*). For Opnaelse af stor Træk- og Bøjningsstyrke har Skærver Ord for at virke gunstigere end Rundsten (§ 384), men vigtigere er det formentlig, at Skærverne er sugende¹⁾2).

Betons Slidfasthed prøvet paa Bauschingers Skive vokser med Skærve-materialalets Slidfasthed prøvet paa samme Skive. Kvantssand medfører større Slidfasthed og Styrke end Basaltsand³⁾.

Granitskærver foretrakkes for Kalkstens- og Blandingsskærver, mindrepaa Grund af deres større Styrke end paa Grund af deres større Frostfasthed. Blandingsskærver bruges, naar Frostfastheden er uden Betydning.

Granitskærver 10/2 eller 5/2 mm bruges til kunstig Granit og Mørtelslidlag paa Gulve.

Granitskærvegrus 10/0 og Granitskærvesand 5/0 mm bruges til Mørtelslidlag paa Gulve (*Jærnbeton 1931, § 776*) og til Murpuds samt til Indblanding i Asfaltbeton (§ 303). Rumvægt § 297.

Skærvesand til Mørtel bør ikke indeholde for meget Mel, og Mørtlen bør blandes omhyggeligt; i saa Fald synes Skærvesand at være gunstigt for Opnaelsen af stor Træk- og Bøjningsstyrke, hvorimod *Se* og *Ec* ofte findes forholdsvis smaa (*Jærnbeton 1931, § 108, 111, 143*). For plastiske, fede Mørtler (660 kg C pr. m³) har jeg dog fundet samme Trykstyrke (og Frostfasthed), naar Sandet (5/0 mm) var Skærvesand, som naar det var Havsand.

Forsøg med sammenhamrede, jordfugtige Mørtler er u hensigtsmæssige, men Resultaterne af nogle saadanne Forsøg med dansk Grus 10/0 mm skal dog anføres. Trykstyrken af 7 cm Tærninger efter 1F+27V blev:

Pc : Ps	Skærvegrus 1	Skærvegrus 2	Skærvegrus 3	Havgrus
1 : 2	574 (555)	505 (492)	494 (470)	551 (496)
1 : 4	455 (360)	296 (203)	279 (251)	358 (261)
1 : 8	204	116	110	138

Skærvegruset stammede fra 3 forskellige Sælgere, og Styrkeforskellene skyldes utvivlsomt forskellig Grovhed, thi de anvendte Værdier af Pc : Pv varierede i samme Orden som Tryketalene., Tallene i () giver Styrken efter 25 Frysninger.

Blandingsskærvegrus duer ikke til Mørtel.

307. Skærver til Kunststensarbejder, der skal ophugges eller slibes, fremstilles hyppigst af Marmor eller tæt Kalksten, hvis Haardhed nogenlunde svarer til Cementens. Skal Fladerne ikke slibes, men afsyres" maa bruges syrefaste Stenarter som Feldspat, Kvarts, Granit, Porfyr. I begge Tilfælde ønskes som Regel stærke Farver. For mange Stenbrud er Fremstillingen af disse Varer blevet en vigtig Indtægtskilde. Saavel Skærverne som det tilhørende Sand og Mel slal være skarpt sorteret efter Kornstørrelse.

Enkelte Arter af Kunststen er nævnt nedenfor; ligesom Natursten kan de imprægneres mod Snavs, Saltudslag og Forvitring (§ 38-40, 148); iøvrigt henvises til *Jærnbeton 1931, § 772* og *Byggematerialer IV, § 1264-9*.

Kunstig Granit vaadstøbes af 1 Maal Portlandcement + 2 Maal smaa Granitskærver 5/2 mm og Jærnsbat (§ 19) og ophugges efter mindst 1 Maanedes Hærdning.

Kunstig Sandsten fremstilles paa samme Maade under Brug af finknust Sandsten. Deckosit se § 147. Damphærdnet Kalk-Sand-Sten se *Byggematerialer IV*.

Kunstig Kalksten støbes med en Konsistens lidt vaadere end jordfugtig af knust Kalksten sorteret i passende Kornstørrelser og hvid Portlandcement. Efter Hærdning'ophugges eller slibes. Et Fabrikat af denne Art - Ergolith - er brugt paa Handelshøjskolens Facade i Rosenørns Alle; Søjlerne er fremstillet af armerede Kalkstensringe, der er stillet ovenpaa hinanden og udstøbt med Jærnbeton. Undertiden - navnlig naar Slidfasthed ønskes, f. Eks. ved Fremstilling af hvide Kantsten - erstattes Kalkstenen med kalcineret Flint; denne ligner Kridt, men er meget haard, haardere end Marmor og samtidig hvidere og billigere end dette.

1) Se *Jærnbeton 1931, § 220-1*.

2) *I.M. Londonkongres 1937, S. 346* (Kral).

Krætsmarmor fremstilles af 1 Del hvid Portlandcement + 2 Dele Kalksand. Undertiden tilsættes Messing- eller Nikkelspaaner (Kræts er Affald fra Forarbejdelsen af ædle Metaller). Overfladen fluateres for at hindre Saltudslag. Bruges til Bord- og Vinduesplader, Trappetrinm. m. Massen indgnides fra Tid til anden med Olie; den angives at ridses mindre let end Marmor.

Knust Kalksten til saadanne Arbejder og til Facadepuds leveres fra Fakse (Bryozokalk, § 198) i flere Finhedsgrader og enten hvid eller gul. Af hvid Cement og Skærvesand (0-3 mm) eller Smaaskærver (ca. 3 mm) kan støbes hvide Fliser, der ikke efterbehandles.

Marmorskærver med tilhørende Sand og Mel til Terrazzo, Granito og Kunststensarbejder fremstilles mange Farver og i følgende Størrelser:

Betegnel- Størrelse:	Stenmel finmalet	Stensand 0-1	Nr. 000 1-1,5	Nr. 00 1,3-3	Nr. 0 3-4	Nr. 1 4-6	Nr. 2 6-8	Nr. 3 8-11 mm
-------------------------	---------------------	-----------------	------------------	-----------------	--------------	--------------	--------------	------------------

Egnede til slebne Flader er hvid Kalksten fra Ulm (meget ensartet Slidfasthed), hvid Carraramarmor, flere hvide norske og det hvide Ekebergsmarmor, de sidstnævnte er særlig slidfaste; endvidere grønt Kolmårdsmarmor, graa og mørkrød Kalksten fra Øland og Jamtland, sort Kalksten fra Vastergotland. Undertiden bruges kunstigt farvede Kalksten, der er billigere, men plejer at være blødere end de naturlige.

308. Mosaikgulve fremstilles hyppigst af Skærver Nr. 1-3 og Portlandcement og eventuelt et Farvepulver, men uden Iblanding af Sand. Massen udstøbes paa Betonunderlaget og komprimeres meget stærkt ved Tærkning med lange, smalle Slagjærn, Tromling og Glitning. Efter Hærdning slibes 2 Gange; efter 1' Slibning spartles med Cement. Overfladen poleres ikke, da den saa bliver' for' glat, men inden Bygningens Aflevering mættes den med raa Linolie. Slibningen foretages med elektrisk drevne, roterende Slibeskiver, der køres hen over Gulvet!).

Betonunderlaget bør være plant afrettet, men saa ru som muligt. Mosaikbelægningens Tykkelse er oftest 20 mm indbefattet et ca. 7 mm tykt Lag af almindelig Mørtel, der tjener til at tilvejebringe en, inderlig Forbindelse mellem Mosaiken og Underlaget. Selve Mosaiklaget bør i færdig Stand være mindst 10 mm tykt, undertiden kræves 16 ml. Blandingsforholdet *Re : Rst* kan væte 1: 2,5 ved Brug af Skærver Nr. 3 og 1 : 3 ved Brug af Nr. 1-2 i Blanding; undertiden foreskrives en Minimumsværdi for Stenforbruget pr. m² f. Eks. 17 kg, naar det færdige Mosaiklag er 10 mm tykt. Slibearbejdet vokser med Stenstørrelsen, men af Hensyn til Udseendet og Svindet maa Stenene dog ikke være for smaa; kun naar Massen skal lægges i Mønstre, er man nødt til at bruge smaa Sten for at faa skarpe Konturer.

Gulve af denne Art, lader sig lettere renholde end de fleste andre; de bevarer et smukt Udseende, og da de er fugefri og vandtætte, egner de sig for Badeværelser, Syge værelser, Køkkener, Trapper o. s. v. De koster ikke meget, men fremstilles iøvrigt til højt forskellige Priser af de forskellige Firmaer, eftersom der anvendes mer eller mindre gode Materialer. Arbejdet udføres ofte af italienske Arbejdere, der har stor Øvelse-deri.

Terrazzo eller - hvis Skærverne er smaa - Granito er den almindelige Betegnelse for Gulve af denne Art, skønt Fremstillingen afviger fra den oprindelige Terrazzos. Denne er en venetiansk Opfindelse. Gulvet fremstilles af 3 Lag: Et 8 cm tykt Underlag af Kalkbeton bestaaende af 1 Maal Kalk+2 Maal Skærver af Valnødstørrelse; det komprimeres med Slagjærn. Inden det er blevet helt tørt, anbringes' det saakaldte Copertalag af 1 Maal Kalk+2 Maal smaa, haarde Skærver, som slaas saa længe, at Fodtrijl ingen Spor efterlader. Paa Copertalaget udlægges en Mørtel af 1 Maal Kalk+1 Maal Marmor, og udover dette strøs de smaa Marmorskærver, som derefter presses ned i Mørtlen dels med Slagbrædder, dels ved Tromling med en Jærn- eller Stentromle, hvorefter Overfladen gliettes, indtil Massen er hærdnet. Sluttelig slibes og olieres.

I Frankrig fremstilles Terrazzogulve undertiden af større, uregelmæssige Brudstykker af slebne Marmorplader op til 10 cm i Tværmaal, der nedlægges for Haanden og omgives med Granitmørtel; Gulvene afslibes efter Hærdning.

Trappetrins Slibning omtales i § 240.

Romersk Mosaik afviger fra Terrazzo, ved at Skærverne er erstattede af smaa kvadratiske Brikker 15 · 15 til 20 · 20 mm og 5-10 mm tykke, der ikke blandes med Mørtlen, men hensættes een for een i regelmæssige Rækker eller Mønstre i et Lag sandfri Cementmørtel og sluttelig slibes; Fugevidden er 1-2 mm. Romersk Mø- bruges dels til hele Gulve saavel uden-som indendørs, dels til Borter udenom Granito og Terrazzo, og Brikkerne benævnes da undertiden Stifter. Romersk Mosaik er mindre glatend Terrazzo og Fliser.

Undertiden erstattes Marmorbrikkerne med Brikker af sintret Ler 20 · 20 · 6 mm.

I New York kan man se Mosaikgulve fremstillede af cirkulære eller 6-kantede Brikker paa Størrelse med en Tøre og i mange Farver. Kvinder ordner dem paa Fabriken i rektangulære Kasser, paa hvis Bund der et Stykke Papir besmurt med Lim; de saaledes fremstillede Plader udlægges paa Gulvet i Cementmørtel med Papiret opefter. Dette fjernes efter Hærdningen, og der fejes tørt Cementpulver ned mellem Brikkerne og sluttelig Vand. Til sidst afslibes Gulvet med to runde vandrette Slibesten, der sidder paa en lille Motorvogn, som af en Mand skubbes hen over Gulvet.

309. Prøvning af Betonskærver afviger i nogen Grad fra Prøvning af Vej-skærver i Overensstemmelse med deres afvigende Paavirkningsmaade i Praxis. Man undersøger navnlig: Størrelse, Kornkurve, Rumvægt ved løs og tæt Lejring, Vandindsugning Tærningstyrke samt Frostfasthed, hvis denne har Betydning.

1) Se f. Eks. *Beton und Eisen 1930, S. 391*.

Sand har Kornstørrelse < 5 mm (Fig. 311), Sten har Kornstørrelse > 5 mm, Grus er en Blanding af Sand og Sten.

0-0,5 0,5-1 1-2 '2-5Inm

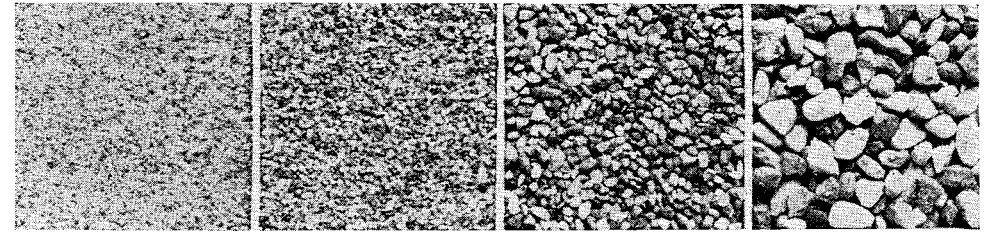


Fig. 311. Havsand fra Rungsted $\frac{1}{1}$.

VI. SAND, GRUS, STEN.

A. Benævnelser, Forekollst, Sortering.

1• Benævnelser og Forekomst.

310. Kornstørrelsens Definition. Et uregelmæssigt Kornes Størrelse defineres naturligst, som Kornets Rumfang r , og 'dets Tværmaal som, Diameteren i den Kugle, eller Sidelinien i den Tærning, der har samme Rumfang. Man sætter altsaa $r = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3 = k^3$ og beregner heraf d eller k . Samhørigheden mellem disse to Størrelser er følgelig $k = 0,374 d$.

Som Regel nøjes man dog med at karakterisere uregelmæssige Kornes Størrelse ved to Hulstørrelser f. Eks. 1-2 mm, hvilket betyder, at Kornene kan passere et Hul med Tværmaal 2 mm, men ikke et Hul med Tværmaal 1 mm; om Hullet er cirkulært eller kvadratisk maa tilføjes.

Hvorledes en saadan Kornhobs Middelkornstørrelse er, kan man kun afgøre ved at tælle Kornene n og bestemme deres samlede Rumfang Σr ; man udregner da Kornenes Middelmfang $r_m = \frac{\Sigma r}{n}$; den tilsvarende Kugles Diameter d_m kaldes Kornenes Middeldiameter.

En saadan Bestemmelse kan man kun lejlighedsvis foretage; naar man 'ellers har Brug for at regne med d_m indfører man Værdier, der ikke er korrekte, men nemmere at bestemme. Er Forskellen mellem de to Hulstørrelser lille $d_2 < ca. 2 d_1$ - regner man $d_m = \frac{1}{2} \cdot (d_1 + d_2)$. Den sande Værdi er mindre 1), men $\frac{1}{2}$ ulige høj Grad for forskelligt Sigtegods.

Hvis man antager, at Kornkurven (§ 335) er retliniet mellem d_1 og d_2 - hvilken Forudsætning er naturlig, da en eventuel Krumning lige saa godt kan gaa opad som nedad - bliver $\frac{1}{2} \cdot (d_1 + d_2)$ Udtryk for Kornenes Middeltal og ikke for Middelkornets Diameter.

Derfor kunde det synes rigtigere at antage, at Kornenes Middelmfang er $\frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{6} \cdot (d_1^3 + d_2^3)$ og følge: lig $d_m = \sqrt[3]{\frac{1}{2} \cdot (d_1^3 + d_2^3)}$, men da denne Værdi bliver større end $\frac{1}{2} \cdot (d_1 + d_2)$, afviger den i højere Grad fra den virkelige Værdi for uregelmæssige Korn. Forskellen mellem de to Definitioner betyder des mindre, jo mindre Intervallet mellem de to Sigter er.

For malede Stoffer liggende mellem Maskevidderne II og I_2 har danske Forsøg givet, at Kornenes Middelmfang var²⁾:

$$k^3 = 2 \cdot \frac{I_1^{2 \cdot 122}}{II + I_2}$$

Har man delt en Kornhob i flere Fraktioner af nævnte Art, kan hele Kornhobens d_m beregnes som angivet i § 339. Hyppigere udregner man dog en beslægtet Størrelse, som i § 339 er betegnet d_e men som ofte benævnes Middeldiameter.

311. Benævnelse efter Kornstørrelse. Benævnelserne Sand, Grus og Sten bruges i Tekniken som Størrelsesbetegnelser, og i det følgende forudsættes Størrelsen bestemt ved Pladesigter med cirkulære Huller, saafremt $d \geq 0,5$ mm.

1) For Havsand fandt jeg gennemsnitlig $d = 0,82 \cdot \frac{1}{2} \cdot (d_1 + d_2)$; se Jærnbeton 1931, § 103. Se endvidere § 322.

2) Zement 1931, Heft 10 og 11 (Johs. Andersen); 1937, Heft 16 (O. Stern).

Grænsen mellem Sand og Sten er den samme i Frankrig og Rumænien; i England og U.S.A. ligger den lidt højere, idet Sorteringen sker paa Traadsigter med Maskevidde 4,7 mm (§ 320); i Sverige og Tyskland ligger den ved 7 mm ϕ , i alt Fald for Betonmaterialer.

Ved Jordbundsundersøgelser bruges Atterbergs Skala:

Sten	Grus	Sand	Finsand (Mo)	Mel-Ler (Mjala)	Kolloidalt Ler	Mikro-Ler	Ultra-Ler
>20 mm	20/2	2/0,2	0,2/0,02	0,02/0,002	<0,002	0,002/0,0006	<0,0006 mm

Underafdelingerne af Sand og Sten fremgaar af efterfølgende Opstilling.

Grus	Sten > 5 mm	Storsten	>200 mm	Singel ¹⁾	60—30 mm	
		Haandsten	200-100 »		Nøddesten	30—15 »
		Store Harpesten	100- 60 »		Ærtesten	15-10 »
		Smaa »	60- 5 »		Perlesten	10- 5 »
Grus	Sarid < 5 mm	Groft Sand	5—2 »			
		Middelfint Sand	2— $\frac{1}{2}$ »			
		Fint Sand	$\frac{1}{2}$ —0 »			

Grus benævnes efter de største Sten, der findes i det:

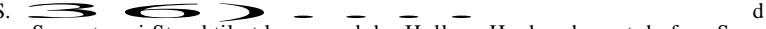
Raagrus	∞ —0 mm	Nøddestensgrus	30-0 mm
Haandstensgrus	200-0 »	Ærtestensgrus	15-0 »
Harpestensgrus	100-0 »	Perlestensgrus	10-0 »
Singelgrus	60-0 »		

312. Benævnelse efter Forekomst. Løse Aflejringer af Sand, Grus og Sten teknisk Betydning forekommer i Danmark som:

(1) Bakkematerialer, der er Istidsaflejringer og indeholder dels haarde Mineraler som Kvarts og Feldspat, dels blødere Mineraler som Kalk og Ler. De har en rødgul Farvetone. Undertiden har Naturen sorteret dem i Sand og Sten, men hyppigst forekommer de som Grus og sorteres da ofte efter Gravingen. Benævnelsen stammer fra, at Grusgravene fortrinsvis lægges i Bakker, hvorved Vandets Bortledning og Grusets Bortkørsel lettes. Kornene er ofte kantede (Fig. 354).

(2) Havmaterialer, der ogsaa stammer fra Fortidens Bjerge, men er blevet rullet saa stærkt i Havet, at de som Regel er fri for Kalk og Ler og overvejende bestaar af Kvarts og lignende haarde Mineraler. Kornene er afrundede og oftest graa eller blaagraa. Meget fint Havsand er hvidt.

1) Navnet stammer formentlig fra Norge. I Jylland kaldes Singel ofte for harpet Grus.

I Sand fra Jyllands Vestkyst var af 100 Korn 92 Kvarts, 5,4 Magnetjærnsten og 0,6 Stumper af Kalkskaller. Det paagældende Sand var fint, idet ca. 90 Vægtprocent havde en Kornstørrelse mellem ca. 0,2 og ca. 0,6 mm (Ing. 1911, S.  d

Sandpumpere med lange Sugerør er i Stand til at lave saa dybe Huller i Havbunden, at de faar Sand op af lignende Beskaffenhed som Bakkesand, nemlig rødt og kalkholdigt. Paa Stubben nord for København tages saadant Sand til Betonbrug.

2. Gravning og Sortering.

313. Havmaterialerne oppumpeshyppigst fra Havbunden. Da Kornene er des mindre, jo roligere Vandet er, altsaa mindre paa dybt-Vand end paa Banker, kan man i nogen Grad vælge Pumpestedet saaledes, at man faar den Kornstørrelse, man ønsker, uden kunstig Sortering.

Hvor store Stenaflejringer forekommer paa Stranden, udnyttes de undertiden. f. Eks. paa Sjællands Odde, og de sorteres da som nedenfor beskrevet for Bakke-materialer.

Bakkematerialerne ligger kun undtagelsesvis sorteret fra Naturens Haand, Grusgravene, fra hvilke de tages, indeholder alle Kornstørrelser, og det raa Grus maa derfor oftest sorteres maskinelt. Ved denne Sortering plejer man at dele i Storsten, Haandsten, Singel, Nøddesten, Ærtesten og Ærtestensgrus.

Sortereværket er hyppigst opstillet paa Gravens Bund. Tages Gruset fra en Skrænt, glider det ned af sig selv, efterhaanden som man graver bort ved Foden; tages det fortrinsvis fra Gravens Bund, kan man bruge store Slæbeskovle, rummende indtil 5 m³, og som med en Kæde eller et Staalov slæbes hen over Bunden til Sortereværket og fylder sig paa Vejen.

Naar Gruset tages fra en Skrænt, bør Muldjorden foroven først fjernes i et passende bredt Bælte, saa Regnen ikke kan føre Humusstoffer ned i Gruset.

Vadskemaskiner bruges, hvis Gruset er meget leret. De bestaar hyppigst af en liggende Cylinder med Grusindfyldningstragt ved den ene Ende. En Snegl i Cylinderen fører Gruset til den anden Ende, hvor det enten falder ud eller gaar over i en Sorteretromle. Det rene Vand tilføres fra et højtstillet Kar og strømmer gennem Cylinderen i modsat Retning af Gruset; det snavsede Vand føres bort gennem en Rørledning.

Vandforbruget er 1-2 m³ pr. m³ Grus. Til Brug i cementfattig Beton kan vadsket egnet end uvadsket, hvorom nærmere i *Jærnbeton* 1931, § 106.

314. Sorteringen kan ske paa (1) Stillestaaende Harper, (2) Roterende Sigtetromler, (3) Rystende Plansigter. De to sidstnævnte bruges i større Grusgrave.

(1) Harper er skraatstillede Riste med Rundjærnstænger, mod hvilke Gruset kastes med Skovl. Den finere Del af Gruset, der er faldet igennem Harpen, kaldes Bagharpningen og kan sorteres yderligere paa en finere Harpe.

Skal Gruset sorteres paa Maskine, lader man det undertiden først passere en meget grov Harpe, der fjerner de største Sten, som vilde skade Maskinen. Disse Sten knuses til Skærver eller bruges paa anden Maade.

(2) Sorteretromler (Fig. 296) er hældende, cylindriske Sigter, samlede af 3 eller 4 eller endnu flere Afsnit, hvert med sin Hulstørrelse; denne vokser fra den øvre mod den nedre Ende. Sigterne kan enten være Plader med cirkulære Huller eller Traadvæv (Sigtedug) med kvadratiske Masker. Sigtedug har den Fordel fremfor gennemhullede Plader, at Forholdet mellem Hulareal og Totalareal er større, saaledes at den arbejder hurtigere. Men da Sigtedugens Bæreevne er ringere end Pladens, og da den slides hurtigere, er man mest tilbøjelig til kun at bruge den, naar Hullerne skal være smaa.

Den Stenstørrelse, der falder ud paa et givet Sted, kan aldrig overstige Hulstørrelsen i det paagældende Tromleafsnit, men derimod godt være væsentlig mindre, idet noget af det finere Materiale ikke faar Tid og Lejlighed til at falde ud gennem de for det bestemte Huller- og først falder ud efter at være naaet ind i det paafølgende Tromleafsnit. De Sten, der falder ud her, vil derfor være mindre ved den høje Ende af Afsnittet end ved den lave, og deres Middelstørrelse vil vokse med det paagældende Tromleafsniets Længde og med aftagende Hældning, Omdrejningshastighed og Fyldningsgrad af Tromlen. De udfaldende Kornes Størrelse varierer altsaa ikke saa pludseligt som Hullernes, og man maa undertiden prøve sig frem for at finde den gunstigste Plads for de Vægge, med hvilke man holder det udfaldne Materiale adskilt. I fugtigt Vejr er det vanskeligt at fremstille rensigtede Sten, fordi Sandet klæber fast paa dem.

Sigter til jordfugtigt Materiale som Bakkegrus kan f. Eks. have Hulstørrelsen 1,5-3-6 cm, hvorved Gruset deles i Ærtestensgrus, Nøddesten¹⁾ Singel og Store Harpesten, hvilke sidste da falder ud af Tromlens nedre, aabne Ende. At man ikke driver Sorteringen videre end til 1,5 cm skyldes dels, at Ærtestensgruset let sælges som Gangstigrus og Betongrus, dels at en yderligere Deling af det jordfugtige og derfor sammenklæbende Ærtestensgrus er en langsommelig Proces, som ikke egner sig til at sammenkobles med den hurtige Sortering af de grovere Bestanddele.

En noget videregaaende Deling af Ærtestensgruset kan dog gennemføres ved Brug af Dobbelttromler, idet man udenom den øverste Del af Pladen med 1,5 cm Huller og i en passende Afstand fra denne anbringer en Plade med f. Eks. 1 cm Huller eller en Sigtedug med tilsvarende Masker (Fig. 296). Man vil da faa Ærtestensgruset delt i Perlestensgrus og Ærtesten, hvilke sidste falder ud ved Sigtedugens nedre Ende, hvor de samles med de Sten, der har passeret den øvre Ende af 1,5 cm Soldet. Fordelen ved at anbringe Sigtedugen udenom 1,5 cm Pladen og ikke forud for og i Forlængelse af denne er bl. a., at den forholdsvis fine Sigtedug kun udsættes for Sliddet af en ringe og finkornet Grusmængde. Undertiden gaar man videre i samme Retning og anbringer indtil 3 Tromler udenom den primæres øvre Ende. Disse Tromler er da ulige lange, den yderste kortest, saaledes at hver Stenstørrelse kan opsamles for sig.

Smaa Mængder Ærtestensgrus kan deles paa en særlig Harpel (i Perlesten (§ 311) og Finharpet Grus (§ 378), men skal store Mængder behandles paa denne Vis, maa man gaa over til enten Vaadsigtning eller Ovtørring forud for Sigtningen.

Rystende Plansigter arbejder med plane Sigteduge eller gennemhullede Plader, der ligger svagt hældende i hinandens Forlængelse udspændt i en Ramme, der svinger frem og tilbage i Rammens Længderetning. Da flade Sten lægger sig paa Fladen, vil de blive ført frem til grovere Huller, inden de falder ud, end ved Brug af (2). Plansigterne er mere ydende end Tromler og kan behandle mere finkornede Materialer, men slides hurtigere og kræver mere Pasning.

De forskellige Sigter kan ogsaa anbringes lodret over hverandre med den groveste øverst. Sigterestene maa da ledes bort paa en saadan Maade, at de havner i hver sin Beholder.

Fugtigt, klæbende Sand kan med Fordel behandles paa de moderne Harpevibratores, der bestaar af en Ramme, i hvis Længderetning talrige tynde Staaltraade er udspændte. En saadan Harpe kan behandle indtil 120 m³ Sand i Timen, og sprængte Traade kan let udveksles.

315. Sorteringsudbyttet. Efter Sorteringen fylder Materialet mere end før, fordi de finere Korn ikke længere ligger i de groveres Mellemrum. Saaledes viser Fig. 315, at 84,2 m³ raat Bakkegrus efter at være sorteret i 5 Kornstørrelser fylder 100 m³ svarende til 18,8 % Udvidelse; jo flere Korngrupper man deler i, des større bliver naturligvis Udvidelsen. Endvidere ses, at Fingruset ved Tørring svinder 28,5 %, og at det tørrede Fingrus ved Sortering i 3 Kornstørrelser udvider sig 20,3 %.

¹⁾ Den har ofte kvadratiske Masker med 5,7 eller 6 mm Lysvidde.

Jo videre Sorteringe.n. er drevet, des, mindre Fare er der for, at der senere indenfor de forskellige Fraktioner sker en Sortering, naar Kornene af en eller anden Grund faar Lejlighed til at bevæge sig.

Selvom Kornene er tørre, er Tilbøjeligheden til Sortering ringe, saafremt $d_{maks} : d_{min} \geq 2$; er $d_{maks} < 25$ mm, kan Forholdet forøges til 3.

Naar usorteret Grus fyldes i en Silo, vil de store Sten gerne rulle ned ad den Kegel eller Skrænt, der danner sig, og samle sig ved Foden, og tømmer man Siloen gennem en Sideaabning, kommer der skiftevis groft og fint Grus ud. De bedste Forhold opnaar man, naar Udtømningsaabningen ligger centralt i Siloens Bund, og naar Tilførslen sker gennem et lodret Rør, der ogsaa ligger i Siloens Akse.

B. Egenskaber og Prøvning.

1. Kornformens og Kornstørrelsens Betydning.

316. Kornformen har Betydning for Kornenes Lejringsstæthed og Lejringsfasthed og for deres Egnethed til Mørtel, Beton (§ 384), Vejbygning m. m. Kornene kan være (1) afrundede eller (2) **kantede**, og indenfor hver af disse Grupper kan de være, (a) kugle- eller tærningeformede, (b) langstrakte, (c) skælformede; endvidere kan Overfladen være glat eller ru.

Afrundede **Korn** er karakteristiske for de naturlige Grussorter, navnlig Havgruset. De lejrer sig ikke fast, er derfor ikke gode til Vejbygning. Men de lejrer sig tæt og er egnede til Beton.

Kantede Korn lejrer sig fastere end runde og foretrakkes derfor til Gangstier og lignende. De træffes sjældent i Naturen, men faas ved Knusning af Sten, og Overfladen vil da som Regel være mere ru end de naturlige Grussorters. Til Beton er kantede Korn mindre egnede, da de kræver megen Mørtel, og da de, naar Betonen paavirkes til Tryk, i nogen Grad kan virke som gende Kiler; de foretrakkes kun, hvis Betonens Trækstyrke skal være særlig stor, thi saa vil Korn, til hvilke Cementen adhærer stærkt, være gode.

Sand til Mørtel og Beton kræves undertiden skarpt, hvorved man forstaar, at Kornene er kantede. Skarphed træffes hyppigere hos grove Korn end hos fine, da disse har været udsat for mere Afslibning. Man kan bedømme Skarpheden ved en mikroskopisk Undersøgelse, men ofte nøjes man med at rulle Sandet mellem Fingrene.; det skal da føles skarpt og give en knasende Lyd som Følge af de ujævne Kornoverfladers indbyrdes Berøring. Har Sandet ikke disse Egenskaber, kaldes det blødt. Jo finere Sandet er, des mere mærkbart

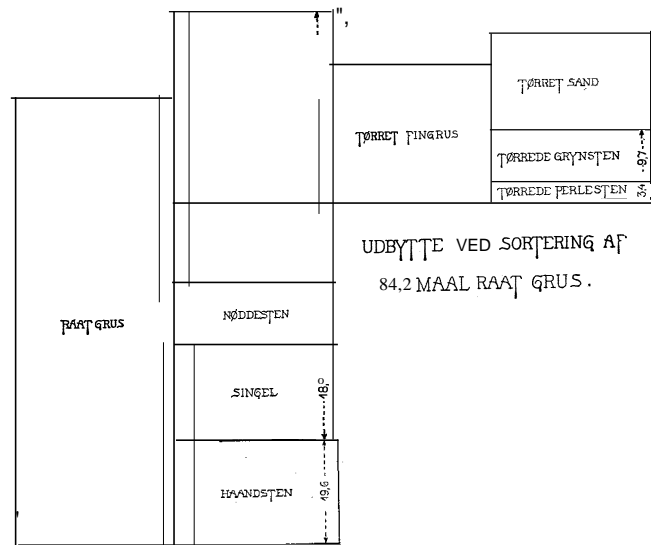


Fig. 315.

føles det, ikke blot fordi det er mere rundkornet, men ogsaa fordi man ikke føler Indtrykket af hvert enkelt Korn. Føleprøven er derfor snarere en Prøve paa Grovhed end paa Skarphed, nien derfor ikke værdiløs, da det, er vigtigere, at Sandet er groft, end at det er skarpt. Om Skælsand se § 399.

Formtal. Der er i de senere Aar gjort mange Forsøg paa at karakterisere Kornformens Afvigelse fra Kuglen ved et Tal, bl. a. til Brug i Leveringsbetingelser, naar man vil sikre sig imod, at Antallet af langstrakte og flade Korn er for dominerende, eller mod at Kornene er for kantede.

Naar Korn tilhørende samme - snævert begrænsede - Sigtefraktion regnes at have Størrelsen $d = \frac{1}{2} \cdot (d_1 + d_2)$, vil deres Faldhastighed i Vand i Henhold til Forsøg med knust Malm være $u = c \cdot \sqrt{d' \cdot (y-1)}$, idet y er Rullvægten; og c en Størrelse, der er des mindre, jo mere Kornet afviger fra Kugleformen. c 's Variation skyldes dels, at de kugleformede Korn indeholder mere Masse end de flade og naaleformede, altsaa er tungere, dels at de møder mindre Modstand; c kan derfor bruges som Formtal.

c kan bestemmes ved Hjælp af et Kar med 1 m Vand og med en roterende Tallerken paa Bunden. Man lader Kornene synke ned gennem et lodret Rør, der er anbragt ekscentrisk i Forhold til Tallerkenaksen, hvorved de fordeles over Tallerkenen efter aftagende Faldhastighed, altsaa efter voksende Afvigelse fra Kugleformen. Faldhøjden 1 m er tilstrækkelig, naar $d \geq 40$ mm. Se iøvrigt: Die Betonstrasse 1941, S. 181 (Schiel).

Har Kornene nogenlunde ens Udstrækning i alle Retninger, kan deres Kantethed bedømmes ved Forholdet $r : r_k$, idet r er Middelrumfanget af n Korn, der har passeret et Sold med Huldiameter d_2 og er blevet liggende paa et Sold med Huldiameter d_1 medens r_k er Middelrumfanget af 2 Kugler med Diameter d_1 og d_2 . Rumfanget af den største Kugle, den største Tærning og det største regulære Tetraeder, der kan passere et Hul med Diameter d , forholder sig som 1 : 0,67 : 0,31. Se iøvrigt OID Kornformens Bedømmelse Zement 1,937 Heft 42-43 (Ottokar Stern) og R. Tillmann: Betontechnologische Vorschriften für Zuschlagstoffe, Wien 1938.

317. Kornstørrelsen (§ 311) har som Regel langt større Betydning end Kornformen. 1 kg smaa Korn har en større Overflade end 1 kg store Korn; de tæres derfor hurtigere af kemisk virkende Stoffer, og skal de sammenkittes til Mørtel eller Beton, kræver de mere Bindemiddel. Til Beton ønskes som Regel en Blanding af smaa og store Korn, og ved at tolerere en høj Værdi af $\frac{d_k}{m_s}$ kan der Cement (§ 382).

Vidden af Porerne mellem tætlejrede Korn aftager sammen med Kornstørrelsen, og med aftagende Vidde vokser Porernes Evne til at indsuge og fastvædsker, og Porernes Gennemtrængelighed for Vædsker og Luft aftager.

Er $d > 2$ mm, har Sandet kun tinge Kapillaritet, formaar altsaa kun i ringe Grad at opsuge Vand. Ved $d < 0,2$ mm er Kapillariteten saa stor, at Sandet virker vandstandsene. Ved $d = 0,06-0,006$ mm er der Fare for Frosthævning, ved $d = 0,06-0,0006$ mm for Skred. Ved $d < 0,02$ mm kan Kornene ikke skelnes med det blotte øje, og Saltopløsninger som kalkholdigt Vand kan faa dem til at koagulere. Ved $d < 0,002$ mm er de kolloidale Egenskaber fuldt udviklede.

Porernes Rumfang. (Mellemrumsprocenten) i en tætlejret Kornhob afhænger kun lidet af Kornenes absolute Størrelse, men vokser med Størrelsens. Ensartethed. Mørtelsand skal helst have en lille Mellemrumsprocent, for at Mørtelen kan blive tæt uden Brug af meget Bindemiddel.

2. Kornstørrelsens Bestemmelse.

318. Kornstørrelsen er defineret i § 310.

Grove Kornes Størrelse bestemmes hyppigst ved at sigte en Gennemsnitsprøve paa et passende Antal ulige fine Sigter og veje Sigtefraktionerne. Metoden bruges ned til Kornstørrelsen 0,06 eller 0,04 mm.

Støvfine Kornes Størrelse beregnes af Kornenes Faldhastighed i en Vædske eller i Luft. Metoden bruges fra Kornstørrelsen 0,1 mm og nedefter. Faldhastigheden bestemmes ved:

- (1) Slæmmeforsøg i en opadgaaende Vædske- eller Luftstrøm;
- (2) Bundfældningsforsøg i en stillestaaende Vædske.

De fleste Metoder til Kornstørrelsens Bestemmelse er omtalt i A. H. M. Andreasen: Om Maaling af Partikkelstørrelser (Selskabet for Naturlærens Udbredelse 1926); A.S.T.M. Proceedings 1928, S. 771 (Lincoln T. Work); Hermann Gessner: Die SchHimanalyse, Leipzig 1931.

a. Sigteprøver.

α. Sigter og deres Justering.

319. Pladesigter og Traadsigter. Sigterne kan enten være Pladesigter med cirkulære Huller eller Metaltraadssigter med kvadratiske Masker.

Pladesigterne (Fig. 319) er de nøjagtigste, men deres Huller kan ikke fremstilles med mindre Diameter end 1/2 mm

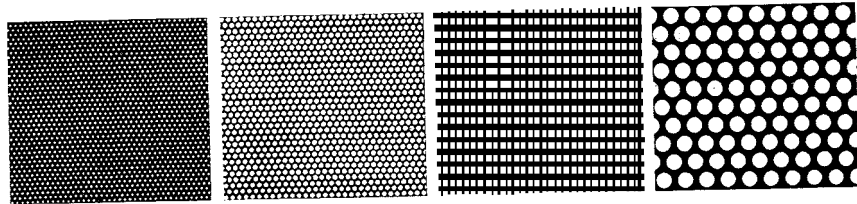


Fig. 319. Pladesigter. 1 : 15.

Pladens Tykkelse er ikke helt uden Betydning, idet Korn af ejendommelig Form, f. Eks. -formede, kan smøge sig gennem en tynd Plade, ikke gennem en tyk.

Traadsigterne kan fremstilles med Huller, hvis Lysvidde kun er 0,035 mm (28000 Masker pr. cm²), og da man er henvist til at bruge dem ved finkornede Stoffer, bruges de undertiden ogsaa ved grovkornede. Navnlig de fine Sigtters Traade viser sig under Mikroskopet at ligge med uens Afstand, saaledes at nogle Masker er væsentlig grovere end den gennemsnitlige Maskevidde, og under disse Forhold vil Sigterestens Størrelse aftage med voksende Sigtetid. Sigternes Finhed angives undertiden ved Traadantallet pr. cm eller engelsk Tomme eller ved Maskeantallet pr. cm², men Traadtykkelsen maa da samtidig opgives. Det er derfor simplere at opgive Maskernes Lysvidde *l*, og det bruges i stigende Grad.

Ved Sigteprøver med forskellige Stoffer har det vist sig, at en Sigte med Huldiameter *d* og en Sigte med Maskevidde *l* gennemsnitlig giver samme Sigterest, saafremt:

$$d = 1,25 \cdot l$$

Sigternes Rensning volder Vanskelighed, naar Hulstørrelsen er mindre end 1 mm. Rensninger sker gerne ved Børstning paa Bagsiden. Til Rensning af Cementsigter anbefaler Wagner en hurtig Dypning, i 10%ig Saltsyre med paafølgende grundig Skylning. Rensningen bør foretages for hver 15 Sigtninger (A.S.T.M. Proceedings 1933 II, S.553).

320. Sigtesystemer. En rationel Regel for Forholdet mellem Hulstørrelserne i to paa hinanden følgende Sigter kommer man til ved følgende Overvejelse: Hvis en Hob Korn af Størrelse 1-16 mm skal karakteriseres yderligere ved en enkelt Sigtning, bør den paagældende Sigte have 4 mm Huller, thi derved bliver de to Kornhobe - hvis de iøvrigt er ens opbyggede -- ligedannede. Betragter man nemlig Kornhoben 1-4 mm under et Forstørrelsesglas, der forstørret 4 Gange, faar dens Korn Størrelsen 4-16 mm. Vil man bruge flere Sigter, bør de vælges saaledes, at to paa hinanden følgende Maskevidder *l_n* og *l_{n+1}* staar i et konstant Forhold til hinanden: $l_{n+1} = c \cdot l_n$. Man kommer derved til Rækken:

$$c-2 \cdot l \quad c-1 \cdot l \quad l \quad c \cdot l \quad c^2 \cdot l$$

Vælges f. Eks. $l = 1$ mm og $c = 2$, faas Rækken:

$$\frac{1}{4} \quad \frac{1}{2} \quad 1 \quad 2 \quad 4 \text{ mm.}$$

Mellem de saaledes fastlagte Værdier indskydes Mellemværdier ved Multiplikation med $\sqrt{2}$, og den derved udvidede Række ka, natter fordobles ved Multiplikation med $\sqrt{2}$ o.s.v. Dette System er normeret for Traadsigter i U.S.A.

Udtrykt ved den fineste Sigttes Maskevidde *l₀*, bliver Rækken:

$$l_0 \quad l = c \cdot l_0 \quad l = c \cdot l_0 \quad l_n = c^n \cdot l_0$$

Hvis man vedtager altid at bruge samme Værdi af *l₀* og *c*, kan Eksponenten til *c* bruges som Sigtenummer - Sigtemodul - og dermed som Betegnelse for Minimalstørrelsen *d* af de Korn, der bliver liggende paa Sigten - Kornmodul¹⁾. Kaldes Eksponenten for *m*, altsaa $l_m = c^m \cdot l_0$, kan *m* udtrykkes ved:

$$m = \log \frac{l_m}{l_0} : \log c = \log_e \frac{l_m}{l_0}$$

Vælges $l_0 = 0,001$ mm og $c = \sqrt[10]{10} = 1,259$, bliver

$l_m = 1010 \cdot 0,001$ og $m = 10 \cdot \log 1000 \cdot l_m$, og man faar følgende sammenhørende Værdier:

Modul	<i>m</i> = 0	10	20	30	40
Maskevidde <i>l</i>	= 0,001	0,01	0,1	1,0	10 mm

Den internationale Standardiseringsassociation (ISA) har udarbejdet et Forslag gaende ud paa, at Sigterne betegnes enten ved Maskevidden i mm eller ved Tallet *m* afrundet til nærmeste Multiplum af 0,25. Det anbefales kun at bruge Traadsigter med $l \geq 1$ mm og iøvrigt Rundhulsigter.

Rundhulsigter kan betegnes enten ved deres Huldiameter *d* mm eller ved *m*-Værdien for den Maskevidde som vilde give samme Sigterest. Da denne Maskevidde er $l = d : 1,25 \approx d : \sqrt[10]{10}$, vil Modulen for en Maske altid være 1 større end Modulen for et rundt Hul med samme Tværmaal ($d = 1$).

I U.S.A. synes man dog ikke at ville slutte sig til Forslaget.

De amerikanske Traadsigter var tidligere nummererede med Tal, der voksede med Maskernes Finhed, og da disse Numre endnu ikke er gaaet af Brug, er de opført i hosstaaende Tabel²⁾. Nu benævnes de imidlertid ved Maskevidden udtrykt i Mikron (0,001 mm); 177 Mikron Sigten har saaledes Lysvidden 0,177 mm. Denne Sigterække er opstillet af Bureau of Standards i 1919³⁾ og senere optaget af det amerikanske Materialprøvningsforbund (A.S.T.M.); dens Udgangspunkt er Maskevidden 1 mm. Den førende Fabrik W. S. Tyler Company, Cleveland, Ohio har imidlertid sit eget System ogsaa baseret paa Forholdet $\sqrt{2}$, men ikke paa Maskevidden 1 mm; i Stedet for denne indgaar 0,991 mm. De Afvigelser, dette medfører, er dog saa små, at de oftest betydningsløse. Begge Rækker er opført i Tabellen. Ved bruges i U.S.A. oftest 10 Sigter med Lysvidder 0,149-0,297 o. s. v. op til 38,1-76,2 mm. Se Jærnbeton 1931, § 116.

De tyske Traadsigter (D.I.N. 1171) er nummereret saaledes, at Numraeret angiver Maskernes Lysvidde i mm. Nr. 6 er den groveste Sigte, derover bruges Pladesigter. Traaddiameteren er af Lysvidden $l = 1,5$ mm, saaledes at Hularealet udgør 36% af Sigtedugens Areal; for de grovere Sigter er Tallet 50%.

De tyske Pladesigter fremstilles med Huldiameter: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70 mm.

321. Sigternes Justering. Traadtykkelser og Maskevidder kan maales med Maalemikroskoper eller Projekbionsapparater: der afbilder Sigtedugen paa en Skærm indtil 1000 Gange forstørret.

For U. S. Standard Sigterne er fastsat bestemte Traaddiameter med tilhørende tilladelige Afvigelser samt følgende tilladelige Afvigelser for Lysvidderne gældende for hver af de to Retninger for sig:

Lysvidde:	0,037-0,074	0,088-0,177	0,210-0,420	0,50-1,00	1,19-5,66 mm
Største Afvigelse:	+90 ³⁾	+40	+25	+15	+10 %
Middel Afvigelse:	± 7	± 6	± 5	± 5	± 3 %

For de fine Sigter ($l \geq 1$ mm) maa højst 5% af Maskerne overskride den nominelle Vidde med mere end Halvdelen af den tilladte største Afvigelse.

¹⁾ Ottokar Stern: Zielsichere Betonbildung, Berlin 1934.

²⁾ A.S.T.M. Standards 1939, II, S. 853. ³⁾ For 74 Mikron Sigten tillades kun 60%.

Gammelt Nr.	A.S.T.M. I	Tyler	Tyskland	
	Lysvidde mm	Lysvidde mm	Lysvidde mm	
	107,6			
	101,6			
	88,9			
	76,2	76,2		
	63,5			
	53,8			
	50,8	50,8		
	44,4			
	38,1	38,1		
	31,7			
	26,9	26,67		
	25,4			
	22,2	22,43		
	19,1	18,85		
	15,9	15,85		
	13,4	13,33		
	12,7			
	11,1	11,20		
	9,52	9,423		
	7,93	7,925		
	6,73	6,680		
	6,35			
	3 1/2	5,66	5,613	6
	4	4,76	4,699	5
	5	4,00	3,962	4
	6	3,36	3,327	
	7	2,83	2,794	3
	8	2,38	2,362	2,5
	10	2,00	1,981	2,0
	12	1,68	1,651	
	14	1,41	1,397	1,5
	16	1,19	1,168	1,2
	18	1,00	0,991	1,0
	20	0,84	0,833	
	25	0,71	0,701	0,75
	30	0,59	0,589	0,60
	35	0,50	0,495	0,50
	40	0,42	0,417	0,40
	45	0,350	0,351	
	50	0,297	0,295	0,30
	60	0,250	0,246	0,25
	70	0,210	0,208	0,20
	80	0,177	0,175	
	100	0,149	0,147	0,15
	120	0,125	0,124	0,12
	140	0,105	0,104	0,10
	170	0,088	0,088	0,090
	200	0,074	0,074	0,075
	230	0,062		0,060
	270	0,053		
	325	0,044		
	400	0,037		

For de tyske Sigter gælder følgende Bestemmelser:

1. Traadtykkelsens tilladelige Afvigelse.				
Foreskrevet Diameter d mm	0,04-0,5 incl.	0,5-2,5 Inc.		
Ingen Traad maa afvige mere end $\frac{1}{10}$	+10%	+8%		
Højest 6% af Traadene maa afvige		+5		
Middelfavgivelse for samtlige Traade 2)	± 5			
2. Lysviddens tilladelige Afvigelse.				
Foreskrevet Lysvidde [mm]	0,06-0,10	0,12-0,25	0,30-0,50	
Ingen Vidde maa afvige mere end 1)	30%	25%	10%	
Højest 6% af Vidderne maa afvige mere end 1)	15 »	± 5 »	± 5 »	
Middelfavgivelse for samtlige Vidder	± 5			

322. Nøjagtig Justering. Selvom Sigterne tilfredsstillende ovenstaaende Krav, er det ikke givet, at to Sigter med samme Nr. sigter ens. Hvis den ene er fejlfri, medens den anden indeholder saa mange overstore Masker, som Normerne tillader, vil den sidstnævnte ikke blot give en $x\%$ mindre Sigterest, men x VII være en variabel Størrelse, der vokser med Sigtetiden; at de sigter ens, kan man kun overbevise sig om ved en Prøvesigtning.

Naar en given Sigt altid fyldes paa en given Maade og i en given Tid, kan man bestemme den Kornstørrelse — Kornskellet — som danner Grænsen mellem de Korn, der passerer Sigten, og Sigteresten ved følgende Fremgangsmaade³⁾. Naar den normale Sigting er endt og Sigtegodset altsaa delt i to Fraktioner, der kaldes F (det fine) og G (det grove), videresigtes G i 2 Minutter, hvorved man yderligere faar udskilt en ringe Mængde fine Korn ΔF , hvis Antal og Rumfang bestemmes, saaledes at deres Middeldiameter kan udregnes. Derefter tømmes Sigten, og F underkastes atter en normal Sigting svarende til den oprindelige. Sigten vil da tilbageholde en Rest ΔG , hvis Middeldiameter d udregnes paa den samme Maade som ΔF . Hvis d er mindre end d i modsat Aages, er d den søgte Grænses størrelse. Hertil maa dog bemærkes, at ΔF og ΔG ifølge Sagens Natur navnlig vil bestaa af langstrakte Korn, og man finder derfor d for stor, men man har ingen anden Metode. Er Sigtens dugen god, d.v.s. Maskevidden konstant, findes $d = 0,80 l$ à $0,95 l$, men er mangelfuld,

er d væsentlig større. ΔF og ΔG kan, hvis Kornene er smaa, bestemmes ved at afveje en Brøkdæl af dem og Kornantallet i ΔF og ΔG kan, hvis Kornene er smaa, bestemmes ved at afveje en flad Skaal. Efter opslæmning den i Glycerin eller en anden tyktflydende Vædske og udhælde denne i Bundfældning tælles Kornene paa en kendt Brøkdæl af Skaalens Bundflade ved Hjælp af et Nætmikrometer.

β. Sigteapparater og Prøveudtagning.

323. Ved Haandsigtning af Sand og Sten kan bruges runde eller 4kantede Sigter, eventuelt med Styrelister, saade kan sættes oven i hverandre og ophænges i 3 Tøve (Fig. 323). Naar man ser, at Stenene i de øverste Sigter er rensigtede, løftes disse af, hvilket letter det resterende Arbejde og skaaner de paagældende Sigter. De finere Sigter bør ikke udskydes, forinden man ved den i § 325 nævnte Prøve har sikret sig, at Godset er rensigtet.

1) Man maaler kun langs en enkelt Maskerække paa hver Led, men i denne Linie maales samtlige Traade og Maskevidder.

2) Der maales paa 3 vilkaarligt valgte Steder. Hvert Sted maales 10 paa hinanden følgende Traade og Maskevidder i den ene Retning og 10 i den anden. Af de 30 Maalinger i den ene Retning beregnes Middelfavgivelsen fra den foreskrevne Værdi; tilsvarende behandles Maalingerne i den anden Retning. Ingen af de to Middelfavgivelser maa være større end 5%. Er den foreskrevne Værdi f og de maalte Værdier m_1, m_2, m_3 , bliver Middelfavgivelsen $\sqrt{\frac{f - m_1}{3}}$: 30.

3) I.M.'s Kongresforhandlinger i Ziirich 1931, Bind II, S. 439 (A. H. M. Andreasen).

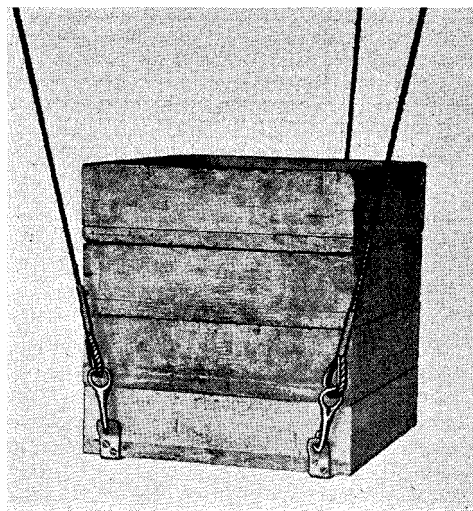


Fig. 323. Ophængte Haandsigter.

Til Motorsigtning haves forskellige Apparater, der enten sætter Sigterne i en vandret frem- og tilbagegaaende Bevægelse eller i en vandret kredsende Bevægelse. Begge disse Bevægelser kan være kombinerede med lodrette Dunk, der modvirker en Tilstoppeise af Sigtens Huller ved at faa Korn, der har sat sig fast i disse, til at hoppe i Vejret.

Prøveudtagning skal ske paa en saadan Maade, at man faar en Gennemsnitsprøve. Dennes Vægt bør ikke være mindre end 50 Gange det største Kornets Vægt. Sandprøver skal helst udtages af fugtigt Sand for at blive ensartede.

Er den udtagne Sandmængde for stor, faar man den bedste Gennemsnitsprøve ved gentagne Halvinger, der kan foretages med den i Fig. 323,1 viste Sanddeler. Den Sandmængde, der skal halveres, tages paa en 27 cm bred Skovl A , der tømmes i en tilsvarende lang Tragtl B . Naar Sandet er faldet ned til C , møder det en Række lodrette Tværvægge med nøjagtig ens Afstand, hvorved den brede Sandstraale deles i mange smaa, af hvilke hveranden ledes ud til højre, hveranden til venstre til de to Kar D ; disses Indhold bliver derved i enhver Henseende ens. Processen kan derpaa gentages med det ene Kars Indhold.

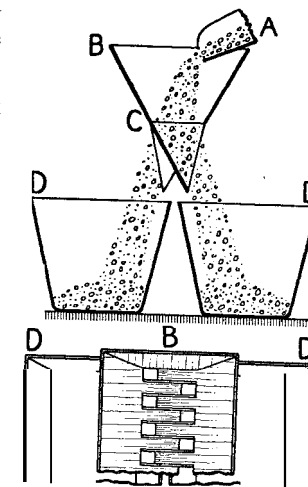


Fig. 323,1. Sanddeler.

γ. Sigtingens Udførelse.

324. Sigteanalyser sker ved Vaadsigtning eller Tørsigtning.

Ved Vaadsigtning overbruser man det paa Sigten liggende Materiale med Vand, indtil det er helt rensat for finere Partikler, hvorefter Sigteresten tørres og vejes. Skyllenvandet med Indhold gaar videre til de finere Sigter, og Resterne paa disse behandles paa tilsvarende Maade. Fra den fineste Sigte løber Vandet ned i et Kar, der henstilles i Ro, hvorefter det klare Vand hældes bort, og Bundfaldet tørres og vejes.

Ved Tørsigtning maa Materialet være helt tørt, da Kornene ellers klæber sammen, og selvom en kunstig Tørring har fundet Sted, bliver Sorteringen ikke fuldkommen, da der til de større Korn vil hæfte nogle fine Partikler, der kun kan fjernes ved Vadsugning. Fejlen plejer dog ikke at være stor, og man foretrækker som Regel Tørsigtning.

For groft og middelfint Bakkesand fandtes Vadsugningstabet at være uden Betydning. Ved Vadsugning paa en Sigte med 900 Masker pr. cm^2 bortgik henholdsvis 1 og 0,35%. De vadskede og tørrede grove Kornes Litervægt var en Ubetydelighed mindre end de uvadskede (Ing. 1920, S. 731).

Sigtegodsets Mængde bør være saa ringe, at de tilbageholdte grove Korn i underste Lag ikke hindrer de højere liggende fine Korn i at naa ned til Sigtebunden. For at spare Tid bør man bevæge Sigten saaledes, at hele Sigtebunden til Stadighed er dækket.

Sigternes Rækkefølge. Ved Brug af Sigteapparater, der har flere ulige grove Sigter staaende oven i hinanden, fyldes Sigtegodset i den groveste Sigte, der staar øverst, og bevæger sig gennem denne til stadig finere Sigter. Ogsaa ved Brug af Enkeltsigter begynder man oftest med den groveste Sigte, dels fordi

man derved sparer Arbejde, idet man hurtigt faar Sigtegodsmængden forringet, dels fordi de fine Sigtters Dug ikke taaler de grove Korn.

Ved Sigtning affine Pulvere kan det være fordelagtigt at begynde med den fineste Sigte, fordi de grovere Korn hjælper til at drive de finere gennem Maskerne (§ 325).

Vejning af de rensigtede Korn sker undertiden saaledes, at man først lægger de groveste paa Vægten, derefter tilføjer de næstgroveste O.S.v.; denne Fremgangsmaade er hurtig, men man faar ingen Kontrol paa de enkelte Vejningers Rigtighed. Bedre er det at veje hver enkelt Fraktion for sig; stemmer Vægtsummen da ikke, kan man veje om.

325. Rensigtning af fine Korn er ikke mulig, dels fordi der sker en yderligere Findeling under Sigtningen, dels fordi Maskevidden ikke er heltens, og at bringe samtlige Korn i Berøring med den groveste Maske indenfor en rimelig Tid er umuligt og heller ikke ønskeligt, da man bruger Maskernes Middelvidde til Karakterisering af Kornstørrelsen. Er Kornene ikke runde, men langstrakte, vanskeliggøres Rensigtningen yderligere, fordi Kornene da kan passere Maskerne i visse Stillinger, ikke i andre.

Man kan i høj Grad fremskynde Sigtningen af fine Korn ved at lægge smaa Messingsøm paa Sigten), men de Sigtresultater, man kommer til med og uden Søm, er næppe identiske.

For at faa ensartede Resultater kan man gaa to Veje:

(1) Ved Motorsigtning er det bekvemst at fiksere Sigteapparatet, Sigtens Størrelse, Sigtegodsmængden og Sigtetiden.

(2) Ved Haandsigtning er en saadan Fiksering utilstrækkelig, da Sigtetiden her ikke er et Maal for det udførte Sigtarbejde; man faar mere ensartede Resultater ved at betragte Sigtningen som endt, naar der i Løbet af 1 Minut ikke gaar mere end 0,5 eller 1% af den oprindelige Stofmængde igennem. Foretages denne sidste Sigtning over et Stykke hvidt eller sort Papir, vil man ofte med øjet kunne afgøre, om Kravet er opfyldt.

Haandsigtning af fine Pulvere maa reguleres i alle Enkeltheder, for at Resultatet kan blive uafhængigt af Forsøgspersonen. Eksempelvis anføres de tyske Forskrifter for Sigtning af Kulstøv:

»Mindst 25 g Kulstøv bringes paa den fineste Sigte og sigtes i 10 Min., idet Sigten med den ene Haand slaas mod den anden 125 Gange i Minuttet. Efter hver 25 Slag bliver Sigten i vandret Stilling drejet en ret Vinkel, og der bankes kraftigt med Haanden 3 Gange mod Sigterammen. Efter 3, 5 og 8 Minutters Forløb bliver Sigtens Underside afbørstet med en blød Børste. Efter den sidste Bankning samles den tilbageholdte Stofmængde paa eet Sted i Sigten, idet denne i skraa Stilling bankes mod et fast Underlag. Stofmængden hældes derpaa over i en Porcelænsskaal og vejes, hvorefter den bringes over paa den næstgrovere Sigte (med 4900 Masker paa 1 cm²), og Sigtningen fortsættes nu efter den foran beskrevne Fremgangsmaade. Det samme gentages paa Sigtterne med henholdsvis 2500, 1600 og 900 Masker pr. cm², idet der dog kun sigtes 5 Minutter paa den sidste. Børstning og Bankning anvendes ikke her.«

b. Slæmning i en opadstigende Vædske- eller Luftstrøm.

326. De fineste Sigtters Maskevidde er 0,06 mm, i alt Fald er finere Sigtter lidet paalidelige. Er Kornene mindre, kan man bestemme deres Faldhastighed i en Vædske eller i Luft og deraf beregne deres Størrelse ved Hjælp af Stokes LøV: Denne Fremgangsmaade bruges ved Undersøgelse af Cement, Filler, Kulstøv, Pigmenter, Stivelse m. m.

Stokes Lov. Naar et kugleformet Korn med Diameter d cm og Rumvægt γ g/cm³, altsaa Vægt $G = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot d^3 \cdot \gamma$ Gram, befinder sig i en Vædske eller Luftart med Vægtfylde γ_v g/cm³, er dets Opdrift $O = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot d^3 \cdot \gamma_v$ Gram, og den Kraft, der paavirker det til Synkning, er følgende $G - O = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot d^3 \cdot (\gamma - \gamma_v)$ Gram. Naar Synkningen begynder, møder Kornet en Modstand M , der vokser med Synkningens stighed v , og efter nogen Tids Forløb naar Værdien $G - O$, hvorefter v holder sig konstant. Denne værdi af v kan udregnes, naar man kender Vædskens Gnidningskoefficient η og Acceleration g ($= 981$ cm/sec²), og er:

$$v = \frac{1}{18} \cdot d^2 \cdot \frac{\gamma - \gamma_v}{\eta} \cdot g \text{ cm/sec.}$$

Er Kornet lille, opnaas denne Hastighed umiddelbart efter Synkningens Begyndelse, saa den kan bestemmes eksperimentelt ved at maale den Tid t sec, som Kornet bruger om at synke gennem Højden h , idet man da har:

$$v = \frac{h}{t}$$

Naar denne Værdi indsættes i den første Ligning, kan man af denne beregne Korndiameteren:

1) Ing. 1927, S. 365 og 1928, S. 225 (A. H. M. Andreasen).

$$d = \sqrt{\frac{18 \cdot \eta}{\gamma - \gamma_v} \cdot \frac{v}{g}} = \sqrt{\frac{18 \cdot \eta}{\gamma - \gamma_v} \cdot \frac{1}{g} \cdot \frac{h}{t}}$$

Kornets Rumfang er da $r = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot d^3$.

Er Kornet ikke kugleformet, udregner man alligevel d og r paa denne Maade¹⁾, hvorved man finder den Størrelse, som en Kugle med samme Vægtfylde som Kornet maa have, for at Faldhastigheden skal blive den samme. HVIS blot Kornet har nogenlunde ens Udstrækning i tre paa hinanden vinkelrette Retninger, vil dets Rumfang meget nær være lig med nævnte Kugles. Kornets Størrelse karakteriseres oftest ved Kuglediameteren d . Andreasen bruger Kantlængden k paa en Tærning, hvis Rumfang er lig Kuglens (§ 310).

Formlen gælder som nævnt kun for smaa Korn; Kvarstkorn, der prøves i Vand, maa saaledes ikke være større end svarende til $d =$ ca. 0,1 mm. Gyldigheden er nemlig betinget af:

$$d_3 = \frac{36 \cdot \eta^2}{g \cdot \gamma_v \cdot (\gamma - \gamma_v)} < \frac{6 \cdot \eta}{d} + \sqrt{\frac{36 \cdot \eta^2}{g^2} + 1,5 \cdot \gamma_v \cdot (\gamma - \gamma_v)} \cdot g \cdot d$$

Er d større, gælder Oseens Lov: $v = \frac{1}{4,5 \cdot \gamma_v}$

Er d meget lille, gælder Stokes Lov ikke (§ 330).

327. Vandslæmning bruges navnlig til Sortering af Sand med Kornstørrelse 0,1-0,01 mm. Mest brugt er Schones Slæmmetragt (Fig. 327), i hvilken Kornene udsættes for en opadstigende Vandstrøm, hvis Hastighed v er kendt; de Korn, der holder sig svævende i denne Strøm, har da Faldhastigheden v .

Vandet ledes ind gennem Klemhanen H og ud gennem det bøjede Rør foroven. Man begynder med en ringe Hastighed, der trinvis øges, nemlig naar det bortflydende Vand er rent. De Partikelmængder, der føres bort ved en given Hastighed, kan opsamles og vejes, saaledes at man faar en Række Fraktioner af kendt Kornstørrelse og kendt Vægt: v afhænger af Overtrykket i Udløbsaabningen, og dette maales ved Vandets Stand i Stigrøret P , der er ca. 1 m højt. Tragtens cylindriske Del T maa helst være højere end i Figuren.

Ved Prøvning af Ler afvejes 40 g i en Porcelænsskaal; Leret overgydes med Vand, og der tilsættes ca. 1 cm³ Natronlud, hvilket fremskynder Sønderdelingen af sammenklumpede Lerpartikler, hvorefter man under stadig Omrøring med en Glasstang koger saa længe, at alle Lerklumper er sønderdelt. Efter Afkøling udføres Slæmmeprøven, og man kan med Fordel behandle den øvre finkornede Del af Slæmmeprøven for sig, og Bundfaldet for sig, hver i sin Tragt. Indfyldningen sker gennem T 's øvre Aabning, i hvilken man derefter anbringer Proppen med de to Rør.

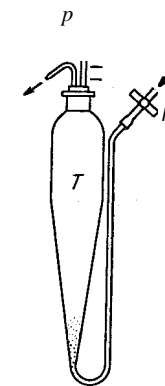


Fig. 327.

328. Luftslæmning (Vindsigtning) bruges navnlig til Sortering af Stoffer som Cement, der ikke taaler Berøring med Vand, dog kun til den Del af Pulveret, der er mindre end 0,06 mm. Metoden er meget paalidelig, men langsom.

Gonells Apparat er vist i Fig. 328²⁾. 10-80 g Pulver lægges i en Glasragt E og udsættes for en opadgaende Luftstrøm, der fører de tilstrækkeligt fine Korn med sig op gennem Messingtragt D til det cylindriske Messingrør C , der er 1 m højt. I dette Rør holdes en konstant Luftstrømhastighed v . Naar der ikke længere gaar Stof ud gennem Mundingen, standes Blæsing. og Resten i Tragten E vejes. Den Kornstørrelse, der danner Grænse mellem det bortblæste og det tilbageværende, kan beregnes af Stokes Lov. Det tilbageværende udsættes derefter for en stærkere Blæst o.s.v.

For at Kornene ikke skal fæstne sig paa Indersiden af Messingrøret, er dette poleret indvendig og forsynet med smaa elektriske Bankeapparater udvendig. Luftbevægelsen maa ikke blive turbulent (§ 29), derfor bruges 3 forskellige Rørdiameter, f. Eks. 14, 7 og 3,5 cm. Man begynder med det videste Rør.

Den komprimerede Luft tilledes gennem Røret F , Trykket reguleres med Hanen G , Luften renses i Filtret H , og Trykket maales med Manometret K ; I er en Vindkedel.

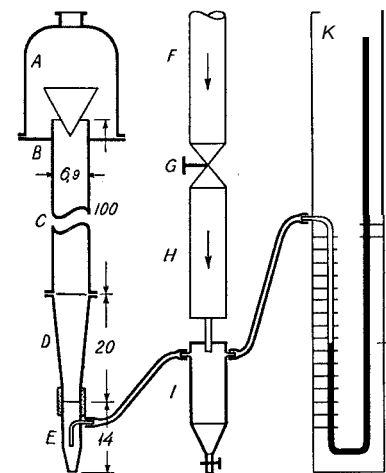


Fig. 328. Gonells Vindsigte.

¹⁾ Kolloid-Zeitschrift 1929, S. 175 (A. H. M. Andreasen).

²⁾ J.M. Zürichkongres 1931, Bind II, S. 458. Et enklere Apparat er angivet af Mayntz Petersen (Meddelelse 17 fra Statsprøveanstalten).

Da $\gamma_{\text{v}} = 0,0013 \approx 0$, og da $\eta = 183 \cdot 10^{-6}$, naar Temperaturen ligger mellem 15 og 30°, forenkles Stokes Formel til:

$$v = \frac{1}{18} \cdot \frac{\gamma \cdot g}{\eta} \cdot d^2 = 300000 \cdot \gamma \cdot d^2.$$

For Stoffer med $\gamma \geq 3$ er denne Formel brugbar, naar $d \geq 0,06$ mm; er d større, bruges Oseens Formel.

Gonells Apparat kan arbejde med Vindstyrker ned til ca. 0,2 cm/sec, og den mindste Kornstørrelse, man kan udskille, har derfor:

$$d = 0,008 : \sqrt{\gamma} \text{ mm.}$$

Ligesom ved Vandslæmning kan de forskellige Fraktioner opsamles og undersøges m.H.t. andre Egenskaber. Dertil tjener Klokken A, der om fornødent kan lukkes foroven med et fint Væv; det bortblæste Pulver bundfælder sig paa Tallerkenen B, fra hvilken det fjernes efter hver Blæsning.

Flourometer er en engelsk Betegnelse for et Vindsigteapparat (flour = Mel).

c. Bundfældning i en stillestaende Vædske.

329. Af den Tid, Partiklerne bruger om at bundfælde sig i en stillestaende Vædske, kan deres Kornstørrelse udregnes. Man oplømmer en ringe Stofmængde i en stor Vædskemængde og hælder denne tynde Slam i et højt Glas. Efter nogen Tids Henstand vil Slammen ikke mere være homogen; Kornenes Størrelse og Antal samt Slammens Vægtfylde vil vokse nedefter, og af disse Ændringer kan Mængden af de forskellige Kornstørrelser udledes.

(1) Ved Pipetteanalyser udtager man med passende Tidsafstande et konstant Rumfang Slam i en vis Højde over Glassets Bund og vejer Tørstofmængden (§ 330).

(2) Slammens Vægtfyldeændring i et givet Punkt kan maales paa forskellig Vis (§ 331).

(3) Slammens Koncentration i forskellige Dybder og til forskellige Tider kan bestemmes ved dens Gennemskinnelighed (§ 332).

330. Andreasens Pipetteapparat til fine Pulvere er vist paa Fig. 330¹⁾. Man oplømmer 10-20 g Korn i 1 l Vædske, og med denne Slam fyldes Flasken til 20 cm Mærket, Proppen indsættes, og ved Hjælp af Togangshanen foroven suges 10 cm³ af Vædsken op i den øvre Tragte; ved Omstilling af Togangshanen løber Vædsken ned i Skaalen S, i hvilken den inddampes, hvorefter Tørstofmængden vejes. Vægten P_0 angiver Tørstofmængden i 10 cm³ af den oprindelige Slam. 10 Minutter senere gentages Prøven; de største Korn er da bundfældede, den opsugede Slam indeholder kun Korn op til en vis Størrelse, og dens Tørstofindhold P_1 er tilsvarende forringet. Den maksimale Kornstørrelse i denne Prøve udregnes af Stokes Lov, idet man for v indfører $h : t$, hvor h er Pipettespidsens Dybde under Vædskeoverfladen og t Tiden regnet fra Flaskens Fyldning. Prøveudtagningen gentages med voksende Tidsafstande, indtil alt er bundfældet, og naar man derefter afsætter $P_1 : P_0$, $P_2 : P_0$ O.S.v. som Ordinater og de beregnede maksimale Kornstørrelser som Abscisser, faas en Kornkurve svarende til Fig. 335,1²⁾

Vædsken skal have en passende Viscositet og maa ikke angribe Stoffet. De Kornstørrelser, der sædvanligvis kan maales med forskellige Vædsker, er angivet hosstaaende. Til Cement kan bruges Glycol, i alt Fald ned til Kornstørrelsen 0,005 mm.

Naar Kornstørrelsen er mindre end ca. 0,001 mm, kan det Vædskeleg, Partiklen adsorberer, virke som en Forstørrelse og forvanske Resultatet, der da maa korrigeres ved mikroskopiske Maalinger; se ogsaa § 333.

331. Slammens Vægtfylde kan maales paa de nedenfor nævnte tre Maader.

Flydevægte (Hydrometre) bruges meget ved Jordanalyser, da man derved undgaar de mange Inddampninger og Vejninger, men til Gengæld maa man regne med 10-15% Fejl mod kun 2-3% ved Pipettemetoden. Da Vædskeforbruget er stort, plejer man kun at prøve vandtaalende Pulvere paa denne Vis.

30-100 g af Stoffet oplømmes i II V and ved kraftig og langvarig Rystning i et 7-8 cm vidt Maaleglas. Nogle Draaber Saltsyre eller Natriumkysyd tilsættes for at undgaar Koagulering. Flydevægten nedsættes i Slammen og aflæses med passende Tidsafstande. Aflæsningen angiver Vægtfylden i Deplacementets Tyngdepunkt, hvis Afstand h fra Vædskeoverfladen kan beregnes af Aflæsningen. Flydevægten kan inddeles saaledes, at Aflæsningen direkte giver den totale Vægt af de Korn, der paa det paagældende Tidspunkt t findes i 1 l Slam. Af $h : t$ udregnes Kornstørrelsen som ved Pipettemetoden.

Dykkevægte er smaa hule Glaslegemer - f. Eks. 7 mm Kugler - til Bestemmelse af en Slams Vægtfylde i forskellig Dybde og paa forskellige Tidspunkter. De er indført af *Sören Berg*²⁾ og er langt nøjagtigere end almindelige Flydevægte. Dykkevægten vil indstille sig i den Dybde, hvor Slammens Vægtfylde

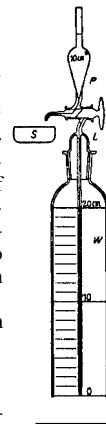


Fig. 330.

er lig med Dykkevægtens Rumvægt, og af Vægtfyldens Variation med Dybden og med Tiden kan Stoffets Kornkurve udledes.

Wiegners Slæmmeglas er vist i Fig. 331. Slammen, der skal undersøges, fyldes i det vide Rør A, mens det snævre Rør fyldes med den rene Vædske. Naar Hanen H aabnes, vil Vædske-spejlet staa lavest i A, fordi Slammen er tungest, og Højdeforskellen er proportional med Vægten af de faste Partikler, der findes i A over Nulstregen. Efterhaanden som Partiklerne synker ned under denne, aftager Højdeforskellen, og hvis man optegner denne med Tiden som Abscisse, faas en Kurve, af hvilken man kan udlede Slammens Sammensætning. Højdeforskellens Aftagen kan fotograferes paa en langsomt roterende Tromle (*Gessner*).

332. Slammens Koncentration kan maales med Wagners Turbidimeter (Uklarhedsmaaler), der bruges i stigende Grad til Bestemmelse af Cements Kornstørrelsel). Cementen oplømmes i Petroleum, og af Slammens Gennemskinnelighed paa forskellige Tidspunkter og i forskellige Dybder udregnes Partiklernes Størrelse og Antal. Metoden er hurtigere end de tidligere beskrevne.

Gennemskinneligheden maales ved at sende en Lysstraale fra en Lyskilde af konstant Intensitet vandret gennem Slammen og ind i en fotoelektrisk Celle, hvorved der i denne opstaar en elektrisk Strøm, hvis Styrke maales. Af denne Styrke beregnes Vædskens Gennemskinnelighed, og af denne Partiklernes samlede Overfladeareal, der i Forbindelse med Stokes Lov giver deres Størrelse og Antal. Er det gennemfaldende Lys' Intensitet I , mod l_0 naar Vædsken ingen faste

Partikler indeholder, defineres Slammens Uklarhed ved $\log \frac{I}{I_0}$, og af Uklarheden kan man udregne Partiklernes Overfladeareal med Nøjagtigheden ± 25 cm²/g.

Slammen - 335 cm³ - findes i et 20 cm højt Glas med Tværsnit 5,1 . 3,8 cm. Lysstraalen gaar vinkelret paa Glassets Bredside, og til at begynde med sendes den ind ca. 2 cm over Glassets Bund, nemlig 15 cm under Slammens Overflade.

t_1 sec efter Forsøgets Begyndelse vil alle Korn større end en vis Værdi dl være sunket ned under Lysstraalens Niveau, og Slammens forøgede Gennemskinnelighed her vil alene skyldes disse Kornes Forsvinden, thi de mindre Korn, der samtidig har bundfældet sig, er blevet erstattet med tilsvarende ovenfra. Gennemskinneligheden er derfor et Maal for Overfladearealet af de i den oprindelige Slam værende Korn med $d < dl$. Paa Tidspunktet t_2 findes paa samme Maade Overfladearealet af de Korn, der har $d < d_2$ o.s.v. Da d_1, d_2 o.s.v. kan beregnes af Stokes Lov, og da Turbidimetret giver Kornenes samlede Overfladeareal, kan man beregne Kornenes Antal.

I Stokes Lov indsætter man $h = 15$ cm og $d = 60\mu, 55\mu, \dots, 35\mu, 30\mu$ og finder de tilsvarende Tidspunkter $t_{60}, t_{55}, \dots, t_{35}, t_{30}$. Paa disse Tidspunkter bestemmes Uklarheden 15 cm under Overfladen.

Da det varer flere Timer, inden de mindste Korn er naaet ned til Lysstraalen, er Turbidimetret indrettet saaledes, at Lyskilde og Fotocelle nemt kan hæves i Forhold til Slammen og efterhaanden indstilles i Dybderne 13,1-10,0-6,6-3,3-2,1 cm under Slamoverfladen. Disse Værdier af h indsættes i Stokes Formel sammen med henholdsvis $d = 25, 20, 15, 10$ og $7,5\mu$, og paa de beregnede Tidspunkter i_{25}, t_{20} O.S.v. bestemmes Uklarheden i det paagældende Niveau. Dybderne er valgt saaledes, at der kun bliver en Pause paa ca. 1 Minut mellem hver Aflæsning.

For at undgaar Temperaturkorrektioner bestemmes Tidspunkterne ikke med et Ur, men ved Hjælp af en Burette fyldt med Petroleum og aaben i Spidsen. Fra denne drypper Petroleummen med en Hast, der vokser med aftagende η , altsaa med Temperaturen. Af Formlen for d i § 326 fremgaar, at Tiden t skal formindskes proportionalt med η , hvilket man opnaar ved at foretage Gennemskinnelighedsmaalingerne, naar Niveautet i Buretten passerer dennes Delestreger, der er afsatte svarende til den paagældende Korndiameter. Nyere Undersøgelser har dog vist, at en moderat Temperaturvariation ikke paavirker Resultatet saa meget, som man tidligere antog, og at man hellere maa ombytte Buretten med et almindeligt Signalur (*A.S.T.M. Proceedings* 1939, S. 795 (*Staies*)).

Koagulering hindres ved at bruge Petroleum tilsat nogle faa Draaber Oliesyre, der dog kun virker i 8-10 Min., saa længere maa Forsøget ikke vare.

333. Slæmmevædsken maa ej angribe Kornene kemisk, og den skal have en passende Flydeevne samt være billig (§ 330), men den største Vanskelighed ved alle Metoder baserede paa Faldhastigheden ligger dog i at finde en Vædske, der hindrer Kornene i at klumpe sig sammen, saa de synker hurtigere.

Kolloid Partikler er saa smaa, at deres Faldhastighed er praktisk talt Nul. Under Indflydelse af Vædskemolekylernes Stød danser de i Vædsken - Brownske Bevægelser - og hvis de støder sammen, forener de sig - koagulerer - hvis de ikke er elektrisk ladede paa en saadan Maade, at de frastøder hinanden. En Emulsion bestaar af kolloide Partikler og er kun stabil, naar Partiklerne er i den nævnte elektriske Tilstand; tilsættes et Stof, der aflader Partiklerne, koagulerer disse.

Men ogsaa grovere Partikler kan koagulere, hvorved Resultaterne af en Slæmmeprøve ganske forrykkes. Hvis man f. Eks. prøver Portlandcement i Ætylalkohol, der indeholder mere end 1% Vand, vil de fineste Partikler koagulere og helt forandre Analyseresultatet. Fejlen vokser med Slammens Koncentration, saa hvis man ved at prøve samme Cement i Form af ulige stærkt koncentrerede Slarmer finder uens Kornstørrelser, tyder det paa, at Resultatet er paavirket af Koagulering; ligeledes hvis Kornkurven er S-formet. En for Cement egnet Vædske er dobbeltdestilleret, absolut Alkohol tilsat 3 g CaCl₂ pr. l.

Navnlige ved Bundfældningsforsøg er det nødvendigt, at Vædskens Temperatur holdes nøjagtigt konstant, da baade γ_{v} og η ændres med denne. Ved Luftslemning er smaa Temperaturvariationer uden Betydning (§ 328).

1) Ing. 1939, Side K 8.

2) *Studies on Particle-Size Distribution*, København 1940.

1) *A.S.T.M. Proc.* 1933, Part II, S. 553 og *Zement* 1939, Heft 12.

d. Sorteringsresultaternes Fremstilling.

334. Resultaterne af en Sortering kan fremstilles grafisk.

I Fig. 334 er et og samme Sand sorteret paa forskellige Sigtesæt, og Resultaterne fremstillede paa forskellige Maader.

I Fig. 334 A er Hulstørrelserne afsat som Abscisser og den mellem to Hulstørrelser faldende Kornvægt som Ordinater. Er Hulstørrelsernes Differens ens, som forudsat i Figuren, faar man et meget anskueligt Billede af Sandets Sammensætning. Billedet ændres dog i nogen Grad, hvis man kun har brugt det halve Antal Sigter (Fig. 334 B), idet Arealerne nu er større, og da man uvilkaarligt betragter Arealerne som Maal for Kornvægtene, vanskeliggøres en Sammenligning af to forskellige Sandsorters Grovhed, hvis Sigteantallet ikke er ens.

Er Hulstørrelsernes Differens forskellig, bliver denne Fremstillingsmaade endnu mere misvisende (Fig. 334 C), og man maa da hellere som Ordinater afsætte Vægtmængden divideret med de to Hulstørrelseres Differens (Fig. 334 D), hvorved Arealerne bliver Udtryk for de mellem to Hulstørrelser liggende Kornes Vægt. Anvendes denne Fremgangsmaade paa Fig. A og B, forbliver B uforandret, medens A's Ordinater fordobles, og en Sammenligning af de tre Figurer falder derefter let, da de har ens Arealsum.

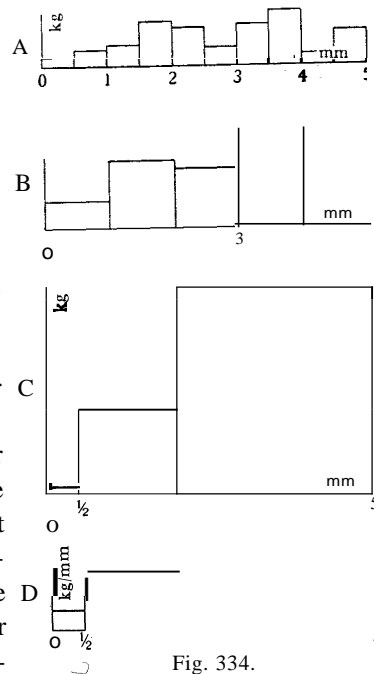


Fig. 334.

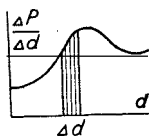


Fig. 334,1.

Tænker man sig Sigternes Antal uendelig stort, fører denne Fremstillingsmaade til en kontinuerlig Kurve (Fig. 334,1). Den skraverede Flade har Arealet ΔP og angiver Vægten af de Korn, hvis Diameter ligger mellem d og $d + \Delta d$.

Hyppigere bruger man dog at tegne denne Kurves Integralkurve, der angiver Vægten af de Korn, der er mindre end den Hulstørrelse, som Abscissen angiver (Fig. 334,2). For Kurver af denne Art bruges i det følgende den korte Betegnelse Kornkurver.

Betegnelsen og Fig. 335-335,2 stammer fra E. Suenson: Bakkegrus som Betonmateriale (Ing. 1910, S. 417). A. H. M. Andreasen. Kalder de to Kurver for henholdsvis Kornfordelingskurve og Flnheds karakteristisk (Ing. 1938, Side K 91).

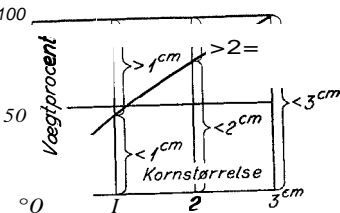


Fig. 334,2. Kornkurve.

a. Kornkurver.

335. Kornkurver tegnes ved som Abscisse at afsætte Sigtehullernes Lysvidde og som Ordinater den Vægtprocent af Stoffet, der er gaaet igennem den paagældende Sigte. For Bakkegrus fra Hedehusene fandtes f. Eks. den i Fig. 335,1 tegnede Kornkurve, hvis Betydning er anskueliggjort ved Fig. 335. Ved Hjælp af denne Kurve kan man bestemme Grusets Indhold af en hvilken som Kornstørrelse. Kurver for andet Grus, Sten og Sand er tegnet paa Fig. 396-400.

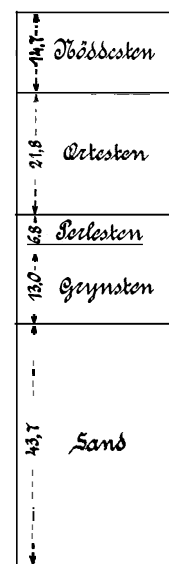


Fig. 335.

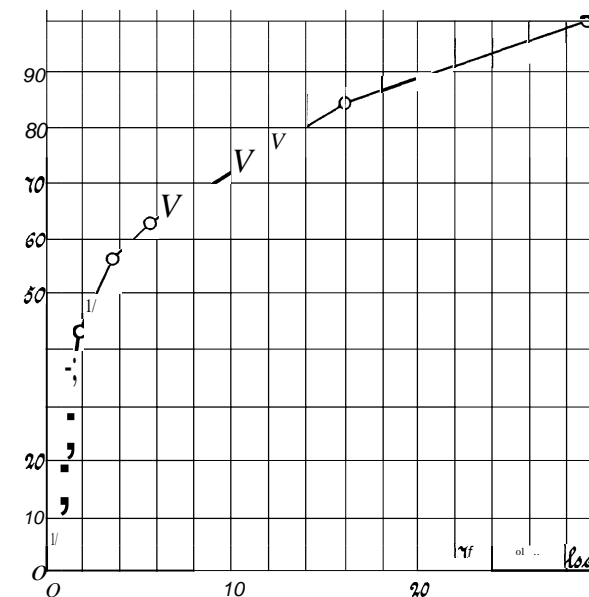


Fig. 335,1. Kornkurve for Bakkegrus.

Logaritmiske Kornkurver afviger fra den i Fig. 335,1 tegnede, ved at Abscisserne angiver Logaritmen til Sigternaskernes Lysvidde. Vælges det rationelle Sigtesystem $ln+l - c \cdot ln'$ haves $\log ln+l - \log ln = \log c$, saaledes at de til Sigterne svarende Punkter af Abscisseaksen faar den konstante indbyrdes Afstand $\log c$. Fordelen ved denne Fremstillingsmaade er bl. a., at en Forskel i Kornstørrelse paa f. Eks. 1 mm er repræsenteret ved en des større afstand af Abscisseaksen, jo mindre Kornet er, og de smaa Kornes Størrelse og Fordeling er ofte af større Betydning end de store Kornes.

Fig. 335,2 og 335,3 viser 4 Grus-sorters Kornkurver med henholdsvis d og $\log d$ som Abscisse. Kurven B til venstre er en 2' Grads Parabel. Nulpunktet i det logaritmiske System ligger uendelig fjærrt; Strækningen til venstre for Abscissepunktet $\log 0,2$ er udeladt.

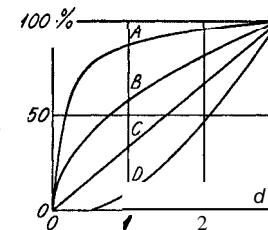


Fig. 335,2. Kornkurver med d som Abscisse.

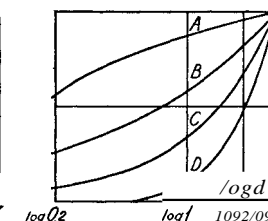


Fig. 335,3. Samme Kurver med $\log d$ som Abscisse.

Hvis ogsaa Ordinaterne afsættes i logaritmisk Maalestok, bliver alle paraboliske Kornkurver til rette Linier.

Kornmodul omtales i § 320. Angaaende andre Begreber knyttede til Kornkurver kan henvises til Zement 1936, Heft 39-40; 1938, Heft 16 (G. Kathrein); 1937, Heft 16 (O. Stern).

Om Kornkurvers Betydning for Beton se § 383. Egnede Kornkurver for Grus til anden Brug omtales forskellige Steder: Asfaltbeton § 392, Betonsand § 387, Bremsesand § 393, Kalkmørtel § 376.

Kornkurve ved Sammenblanding. Ønsker man at give et foreliggende Grus en bestemt Kornkurve, kan det ske uden at sortere Gruset, man behøver kun at tilsætte de Kornstørrelser, som er i Underskud, og Tilsætningernes Størrelse kan beregnes, som gjort i følgende Sammenstilling.

De ubekendte Tilsætningsmængder af de 5 Kornfraktioner kaldes P_{15} , P_7 , P_3 , P_1 og P_0 . 30/15 mm Kornene er til Stede i størst Overskud - 75% - og Mængden kan kun bringes ned til den ønskede Værdi ved at f. Mængden af det øvrige Grus. Vi sætter derfor $P_{15} = 0$ og $P_7 + P_3 + P_1 + P_0 = 75$ kg. de øvrige Beregninger findes i Tabellen.

Kornstørrelse mm	Vægtmængder			Udregning af Tilsætnings Størrelse	
	Oprindelige	Ønskede	Forhold		
30/15	70 kg	40 kg	1,75	$70 + P_{15} = 40 \cdot 1,75$	$P_{15} = 0 \text{ kg}$
15/7	10 »	20 »	0,50	$10 + P_7 = 20 \cdot 0,50$	$P_7 = 25 \text{ »}$
7/3	0 »	12 »	0	$0 + P_3 = 12 \cdot 0$	$P_3 = 21 \text{ »}$
3/1	0 »	8 »	0	$0 + P_1 = 8 \cdot 0$	$P_1 = 14 \text{ »}$
1/0	20 »	20 »	1,00	$20 + P_0 = 20 \cdot 1,00$	$P_0 = 15 \text{ »}$
	100 kg	100 kg			75 kg

Oftere foreligger den Opgave, at 2 eller flere usorterede Grussorter skal sammenblandes i et saadant Forhold, at Kornkurven mest muligt falder sammen med en Mønsterkurve.

Hvis et Grus har Kornkurveordinaterne Y_1 %, og et andet Grus har Ordinateerne Y_2 %, og man blander 1 kg af det første med a kg af det andet, bliver det blandede Grus' Kornkurveordinater:

$$Y_a = \frac{1 \cdot Y_1 + a \cdot Y_2}{1 + a} \%$$

Skal Y_a have en given Værdi i et givet Punkt, kan man udregne den tilsvarende Værdi a . Skal den nye Kurve saavidt muligt falde sammen med en forud given Kurve, faar man ikke een, men en Række a -Værdier, af hvilke man kan tage Middeltallet eller skønsvist vælge den bedste.

Ved saadanne Beregninger maa man være klar over, at paa de Strækninger, hvor en lodret Linie ikke skærer Kornkurven, er dens Ordinate enten Nul eller 100 %.

Sammenblandes n Grussorter faas:

$$Y_{n+1} = \frac{1 \cdot Y_1 + a_2 \cdot Y_2 + \dots + a_n \cdot Y_n}{1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}$$

og man kan følgelig uden Sortering fremstille en Grussort, hvis Kornkurve gaar gennem $n-1$ forud opgivne Punkter. Det er naturligvis en Forudsætning, at de Kornstørrelser, der indgaar i den opgivne Kornkurve, findes i de n Grussorter. For $n = 3$ er en simpel grafisk Fremgangsmaade angivet i *Beton-Teknik* 1937, S. 25 (E. V. Meyer).

β. Lighedannede Kornhobe.

336. To Kornhobe kan siges at være lighedannede, naar den ene Hob set gennem et Forstørrelsesglas fuldstændig svarer til den anden. Saadanne to Hobe har samme Mellemrumsprocent).

Det er umiddelbart indlysende, at alle Kornhobe med retliniet Kornkurve: $y = P_0 - d : P_0 - d_{\text{maks}} = d : d_{\text{maks}}$

vil være lighedannede - bortset fra deres ydre Begrænsning - saafremt de har samme Kornform og Lejringsmaade, og saafremt Kornstørrelsen varierer jævnt fra Nul til d_{maks} . Som paavist af *Andreasen*²⁾ gælder dette alle Kornhobe med Ligningen:

$$y = P_0 - d : P_0 - d_{\text{maks}} = (d : d_{\text{maks}})q$$

og med en given Værdi af q (Fig. 336). For Kornkurver af denne Form gælder, at naar q vokser fra 1 til ∞ , bliver Kurven mere og mere hul opefter, svarende til, at de smaa Korn forsvinder, og til Slut haves en enskornet Hob med $d = d_{\text{maks}}$. Naar q aftager fra 1 til 0, bliver Kurven mere og mere hul nedefter, svarende til at Mængden af smaa Korn vokser, og til Sluthaves en Hob med $d = 0$.

Den Værdi af q , der giver størst Tæthed, har man søgt at finde ved Forsøg, og skønt den utvivlsomt varierer ikke blot med d_{maks} , men ogsaa med Kornenes Form, Maale-

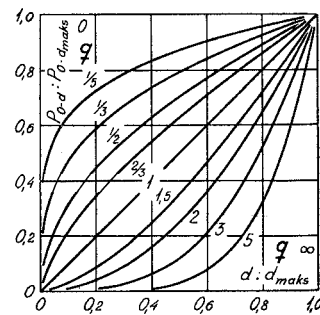


Fig. 336. Hver Kurve repræsenterer en Samling lighedannede Kornhobe.

karrets Fyldningsmaade og med andre Faktorer, betragtes $q = \frac{1}{2}$ ofte som den gunstigste. 2' Grads Parabelen:

$$y = Vd : d_{\text{maks}}$$

skulde herefter medføre større Tæthed end de øvrige Parabeler, men der er andre Kurveformer, der medfører endnu større Tæthed (§ 357 og 383).

Naar q er givet, ændres Mellemrultsprocenten p ikke, naar man med en vilkaarlig Sigte fjerner de grovere Korn, eller naar man tilsætter grovere Korn, saafremt de nye Kornes Størrelse tilfredsstiller Ligningen, og saafremt de øvrige Kornes Lejringsmaade ikke ændres. Derimod ændres Mellemrumsprocenten, hvis man tilføjer eller fjerner Korn ved Kurvens nedre Ende eller paa en Mellestrækning. I Fig. 336,1 er saaledes Kornhobene oA , oB og oC ligedannede, men ikke Hobene $1C$ og $2C$.

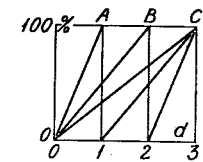


Fig. 336,1.

Mellemrumsprocenten p for Kornhobe med samme Værdi af q skulde altsaa være konstant, selvom d_{maks} ikke er det, men i Virkeligheden aftager p med voksende d_{maks} , da de store Kornes Tyngde virker komprimerende paa de smaa Korn.

Naturligt Grus plejer ikke at have slige Kornkurver (§ 357), men de kan, opnaas, naar flere Sorter blandes (§ 335).

γ. Kornenes Antal og -Overflade.

337. Kornenes Antal og Overflade pr. Vægtenhed kan tilnærmelsesvis udregnes, hvis man forudsætter, at Kornene er Kugler eller Tærninger, og at de mellem Maskevidderne l_1 og l_2 liggende Korn alle har Tværmaalet $\frac{1}{2} \cdot (l_1 + l_2)$. Navnlig Overfladen bruges til at karakterisere et Pulvers Finhed.

Regnes Kornene kugleformede med Vf. y , og har den paagældende Kornfraktion Middeldiameteren dm og Vægten P , kan Kornenes Antal n beregnes af Ligningen:

$$P = n \cdot \frac{\pi}{6} \cdot dm^3 \cdot \gamma \quad \text{hvoraf:} \quad n = \frac{P}{\frac{\pi}{6} \cdot dm^3 \cdot \gamma}$$

Kornenes samlede Overflade er:

$$O = n \cdot \pi \cdot dm^2 = \frac{6 \cdot P}{y \cdot dm} \quad \text{og pr. Vægtenhed:} \quad \frac{O}{P} = \frac{6}{y \cdot dm}$$

Maales O i m^2 , P i kg , y i g/cm^3 og dm i mm , og sættes $y = 2,65$, faas:

$$O \text{ m}^2/\text{kg} = \frac{6}{2,65 \cdot dm} = \frac{2,264}{dm}$$

Samhørigheden af O og dm er fremstillet i Fig. 337.

1 m^3 Korn med Lejringsstæthed T og $y = 2,65$ vejer 2650 $\cdot T$ kg , og deres Overflade vil følgelig udgøre:

$$O \text{ m}^2/\text{m}^3 = 2650 \cdot T \cdot \frac{2,264}{dm} = 6000 \cdot \frac{T}{dm}$$

Naar en Kornhob sorteres efter Kornstørrelse i n Grupper med Korndiameter d_1, d_2, \dots, d_n og Vægt P_1, P_2, \dots, P_n , den samlede Kornoverflade, hvis Kornene er Kugler:

$$O = \frac{6}{y} \cdot \left(\frac{P_1}{d_1} + \frac{P_2}{d_2} + \dots + \frac{P_n}{d_n} \right)$$

og divideres med ΣP , faas Kornoverfladen pr. Vægtenhed. Er y forskellig for de forskellige Grupper, maa O udregnes hver Gruppe for sig. Hvis y varierer indenfor samme er man henvist til at regne med Middelværdien.

Oftest udregnes Overfladen i cm^2/g , en Værdi, der passende kan betegnes Gram-Overfladen. Denne bliver ens, enten Kornene regnes at være Kugler eller Tærninger, thi i begge Tilfælde er Forholdet mellem Overflade og Rumfang : d , idet d betegner Diameter eller Sidelinie.

I Leveringsbetingelser for Portlandcement foreskrives undertiden 2000 cm^2/g som en Mindsteværdi; Puzzolaner kan man se forlangt 2200 ± 100 cm^2/g .

Grus til Beton bør have en lille Gram-Overflade, thi dermed følger et lille Cementbehov (§ 381), men der er ingen simpel Forbindelse mellem de to Størrelser, fordi Cementbehovet ogsaa afhænger af Grusets Mellemrumsprocent.

Betons vokser med Vægtforholdet mellem Cement og Støbevand $P_c : P_v$, og den nødvendige Vandmængde vokser med Grusets Finkornethed (§ 380). Antager man, at Betingelsen for Letstøbelighed er, at samtlige Gruskorn er omgivet af Vandhinder, og antages disse Hinder lige tykke paa smaa

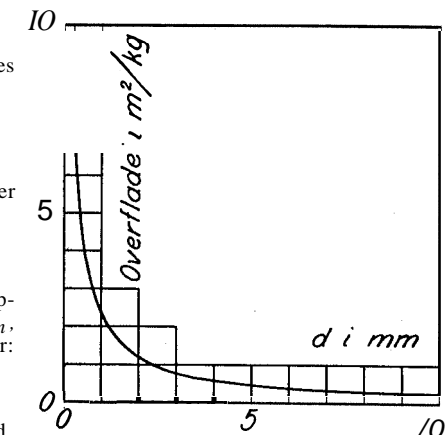


Fig. 337. Overfladen af 1 kg Kugler med Diameter d .

1) Se E. Suenson: Byggematerialer 1911, § 1041.

2) Se f. Eks. Ing. 1939, Side K. 32.

og store Korn, skulde **Vandbehovet** være proportionalt med Gram-Overfladen, altsaa omvendt proportionalt med d . Vandbehovet vokser dog langsommere end $1 : d$. Bolomey fandt $P_V : P_Y = \alpha : \sqrt[3]{d^2}$, hvor $\alpha = 0,1$ for rundkornet Grus og 20-35 % mere for Skærvegrus; om andre Love se § 342. I Virkeligheden er dog Grusets Vandbehov i nogen Grad afhængigt af Betonens Cementholdighed¹⁾. Til Bedømmelse af Grus' Egnethed for Beton er en direkte Bestemmelse af Vandbehovet bedre end Sigteprøver.

Ekspérimentel Bestemmelse af Sandoverfladers Størrelse har været forsøgt. Man har måttet en tørret og afvejet Sandprøve med Petroleum og derefter suget Luft igennem den for at tømme Mellemmene. Vægtforøgelsen skulde da være et Maal for Overfladearealet. At Metoden ikke kan bruges ved porøse Korn er indlysende, og at den heller ikke kan bruges ved fine Korn er sandsynligt (Ing. 1921, S. 133).

Snarere kan man ved Opløsningsforsøg bestemme Kornenes sande Overflade, idet den Stofmængde, der ved en kortvarig kemisk Paavirkning gaar i Opløsning maa være proportional med Kornoverfladen. Saadanne Forsøg kunde tyde paa, at den sande Overflade er langt større end den af Middeldiametrene udregnede; i alt Fald har man fundet dette for knust Materiale. Forholdet mellem den sande Overflade og den af ovenstaaende Formler beregnede fandtes for knust Kvarts at vokse jævnt fra 2 til 9, naar dm voksede fra 0,06 mm til 7 mm²⁾. Disse Tal tyder dog ikke paa, at Metoden er brugbar.

δ. Grovhestal.

338. Da en Kornhobs Kornstørrelsesforhold kun kan udtrykkes ved en Kurve af mer eller mindre uregelmæssig Form, søger man undertiden ved et enkelt Tal at udtrykke Hobens gennemsnitlige Kornstørrelse, et Tal, der naturligvis kun kan blive entydigt, naar man definerer Ordet »gennemsnitlige«. Da Praktikerens Interesse som Regel ikke er knyttet direkte til Kornstørrelsen, men til en eller anden Egenskab, der varierer med denne og i nogle Tilfælde er proportional med d , i andre med d^2 eller dS , er det ret naturligt, at man indenfor forskellige Brugsomraader har indført forskellige Grovhestal og lagt mere Vægt paa, at de varierede som den paagældende Egenskab end paa Definitionen. Saadanne Tal benævnes i det følgende Finhestal eller Grovhestal, eftersom de vokser med Finheden eller med Grovheden. Som Eksempel paa et Finhestal kan Gram-Overfladen (§ 337) nævnes.

339. Arealet over Kornkurven bruges undertiden som Grovhestal; naar Kurven er optegnet med d som Abscisse, karakteriserer det Grovheden paa en anskuelig Maade, men det har ingen nær Tilknnytning til en bestemt Brugsegenskab hos Kornhoben.

I Fig. 339 er Sigtehullernes Størrelse ll til l_4 . Fraktionernes Middeldkornstørrelse dl til d_4 regnes som vanligt at være Middelværdien af Sigtehullernes Tværmaal, svarende til at Kornkurven er retliniet mellem Sigtehulspunkterne. Naar det vægtprocentiske Indhold af de 4 Fraktioner er P_1 til P_4 , bliver Arealet over Kornkurven:

$$F = P_1 \cdot dl + P_2 \cdot d_2 + P_3 \cdot d_3 + P_4 \cdot d_4 = \sum p \cdot d,$$

eftersom de skraverede Trekanter under Kurven har samme Areal som de hvide over.

Til Bestemmelse af dette Grovhestalbruges i Tyskland Sold med Huldiameterl-3-7-15-30--70mm.

Omformes F til et Rektangel med Højde $\sum P = 100\%$, bliver Grundlinien lig med den Diameter d_e' som Kornene i en enskornet Hob skal have for at give samme F som den foreliggende Hob:

$$d_e = \frac{\sum p \cdot d}{100}.$$

1) Se en omfattende Oversigt i B. u. E. 1933, S. 269-71 (Vieser).
2) Hönig: Grundgesetze der Zerkleinerung (VDI-Forschungsheft 378, Berlin 1936, S. 5).

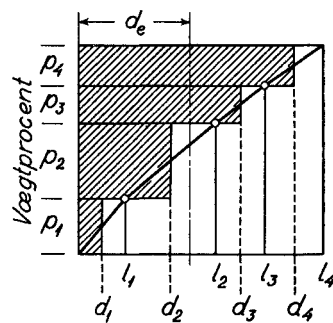


Fig. 339.

Denne Værdi kaldes med Urette undertiden for Kornenes Middeldiameter.

Den sande Middeldiameter vilde man faa ved at tegne Kornkurven med Kornantallet n som Ordlnat og Kornets Rumfang r : som Abscisse. Hertil svarer $F = \sum n \cdot r$ og

$$rm = \frac{\sum n \cdot r}{\sum n} \quad \text{hvoraf} \quad dm = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi} \cdot rm}.$$

Hvis man uden at tælle Kornene vil bestemme en nogenlunde rigtig Værdi af dm paa Grundlag af p - d -Kurven, kan man regne, at Kornene er Kugler, altsaa $r = \frac{\pi}{6} \cdot d^3$. Antallet af Korn i hver Fraktion

kan da afledes af p , idet $p = n \cdot r \cdot y$. Er y ens for alle Kornene faas $rm = \frac{\pi}{6} \cdot \sum p \cdot \sum \frac{p}{d^3}$.

340. Sandets Styrkeindeks har jeg kaldt et Grovhestal af Formen:

$$a = 3 \cdot g + 2 \cdot m + 1,4 \cdot f \quad \left\{ \begin{array}{l} g \quad \text{Vægtprocenten af grove Korn (5-2 mm)} \\ m \quad \text{» » middelfine » (2-1/2 mm)} \\ f \quad \text{» » fine » (1/2-0 mm)} \end{array} \right.$$

Dette Tal er indenfor vide Grænser proportionalt med den Trykstyrke, en Mørtel fremstillet af Sandet opnaar, naar Mørtelen fremstilles plastisk, og Cementprocenten er givet indenfor Grænserne 25 og 33 %¹⁾. Om Værdier for Betonsand se § 389.

341. Abrams Grovhestal (fineness modulus). Før nogen anden har Abrams opstillet et Grovhestal til Karakterisering af Betongrus, og det bruges i stor Udstrækning, men er ikke saa anskueligt, som de ovenfor nævnte, der derfor er omtalt først. Abrams optegner Kornkurven med logaritmiske Abscisser (Fig. 341) og bruger Arealet over Kurven som Grovhestal. Dette Tal er et brugbart Maal for Grusets Vandbehov, naar en Beton af given Konsistens skal fremstilles af det, og dermed for Betonens Styrke, naar visse Betingelser er opfyldt (§ 381).

Grovhestallet kan beregnes direkte af Sigteresterne, uden at Kurven optegnes, saafremt man bruger et standardiseret Sigtesæt. Dettes fineste Sigte har $l = 0,147$ mm; de øvrige Sigtens Maskevidde er dobbelt saa stor som den nærmest foregaaende Sigtens. Naar Sigtene nummereres 1, 2, 3 ... vilen Sigte Nr. n altsaa have Maskevidden $l = 0,147 \cdot 2^{n-1} = 0,0735 \cdot 2^n$.

I efterfølgende Sammenstilling ses Resultaterne af en Sigteprøve med 1 kg Grus. Summen af Tallene i 3' Linie udgør 1 kg. Af disse Tal udregnes for hver enkelt Sigte Vægten af de Korn, der er større end Sigtens Maskevidde. Disse Vægte er indført i sidste Linie, og deres Sum udgør Grovhestallet. Man finder $G_A = 4,64$.

Havde Gruset indeholdt Sten større end 38 mm, vilde ogsaa Sigte Nr. 10 (76,2 mm) være kommet i Funktion, og ved Sten større end 76,2 mm en Sigte Nr. 11 (152,4 mm) Q.S.v.

Sigtens Nr.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Maskevidde mm	76,2	38,1	18,8	9,40	4,70	2,36	1,19	0,59	0,295	0,147
Rest mellem 2 Sigtene	0	0,12	0,17	0,09	0,12	0,20	0,15	0,03	0,04	0,08
Samlet Rest paa Sigtene ..	0	0	0,12	0,29	0,38	0,50	0,70	0,85	0,88	0,92

Ved Beregningen af G_A behøver man ikke at udregne de samlede Rester (Tabellens sidste Linie). Da Resten paa Sigte 8 ogsaa bliver liggende paa de 7 finere Sigtene, indgaar den 8 Gange i Grovhestallet; tilsvarende vil Resten paa Sigte 7 indgaar 7 Gange o.s.v., altsaa:

$$G_A = 8 \cdot 0,12 + 7 \cdot 0,17 + \dots + 2 \cdot 0,03 + 1 \cdot 0,04 = 4,64.$$

1) Se Ingeniøren 1920, S. 762 og Jærnbeton 1931, § 104, 107, 221.

At Abrams' Grovhestal er proportionalt med Arealet over Kornkurven skal vises ved et Eksempel (Fig. 341).

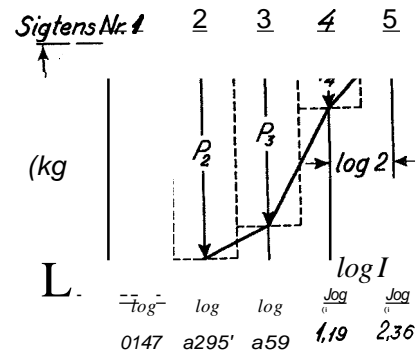


Fig. 341.

Et Sand med $d_{maks} < 2,36$ mm har ved Sigtning paa Sigtene 1-5 delt sig... som den fuldt optrukne Kurve Viser. Kurvens Nulpunkt ligger uendelig fjærnt, da $\log 0 = -\infty$, saaledes at Arealet over Kurven er uendelig stort, og for at dens Størrelse skal blive proportional med Grovhestallet, maa man lægge Nulpunktet i Afstanden $\frac{1}{2} \cdot \log 2$ til venstre for Punktet med Abscisse $\log 0,147$ og lade Kurven, begynde med et lodret og et vandret Stykke som vist punkteret, svarende til at de Korn, der er mindre end 0,147 mm, antages at være Ilge store, nemlig 0,104 mm. Arealet over den saaledes afsluttede Kurve kan erstattes med Arealet af de punkterede Rektangler, thi til hver Trekant over Kurven svarer der en lige saa stor under denne. Er Kurvens Ordinator maalt fra den øverste Linie og udtrykt i Brøkdeler af den samlede Grusmængde: P_1, P_2, \dots , bliver det paagældende e_{ea} :

$$FA = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) \cdot \log 2 = GA \cdot \log 2$$

hvoraf: $GA = FA : \log 2 = FA \cdot 0,301$.

Naar Kurvens Nulpunkt lægges som nævnt, er Grovhestallet altsaa proportionalt med FA. Denne Proportionalitet kan man gøre Brug af, hvis man vil bestemme Abrams' Grovhestal ved Hjælp af Sigtene hvis Maskevidder ikke varierer efter en bestemt Lov; man afsætter da Logaritmerne til de bestemte Maskevidder ud fra et vilkaarligt Nulpunkt og efter en vilkaarlig Maalestok; naar man efter Maalestok afsætter Kurvens Nulpunkt i Afstanden $\frac{1}{2} \cdot \log 2$ fra den fineste Sigte, vil Arealet over Kurven tilnærmelsesvis være $GA \cdot \log 2$; kun tilnærmelsesvis, thi hvis f. Eks. Sigte Nr. 3 udskydes, bliver Kurven retliniet mellem Sigtene 2 og 4 og FA altsaa formindsket.

Gruskornenes Middeldiameter staar ikke i noget simpelt Forhold til Grovhestallet, med mindre alt Gruset bliver liggende mellem Sigte n og n+1. I saa Fald er $GA = n$, og da man iøvrigt intet ved om disse Kornes Størrelse, er det naturligt at sætte den til Middeltallet af de to Sigtens Maskevidde, som er $1,5 \cdot l_n = 1,5 \cdot 0,0735 \cdot 2^n = 0,11 \cdot 2^n$. Følgelig er $dm = 0,11 \cdot 2^G$.

342. Andre Grovhestal. I østrig og Tyskland har Abrams' Grovhestal affødt talrige Afhandlinger om logaritmiske Kornkurvers Teori, og man har defineret Grovhestal, der er uafhængige af det valgte Sigtssystem bortset fra den Afhængighed, der følger af, at den Kornkurve, der arbejdes med, er en Polygon indskrevet i den sande, kontinuerlige Kornkurve. Som Grovhestal bruges Arealet over Kornkurven men da man indfører andre Nulpunkter og udmaaler Arealet i andre Enheder, bliver Tallene forskellige.

Fig. 342 viser en Kornkurve bestemt ved Hjælp af et Sigtssystem, der er karakteriseret ved værdierne l_0 og c . Maskevidden l_0 er valgt saaledes, at den tilbageholder samtlige Korn eller saa nær samtlige Korn, at de, der passerer, er uden Betydning for Grovhestallet; denne Sigte behøver ikke at eksistere, til Sigtene er den fineste, der bruges. Arealet over Kornkurven er da:

$$F = (\frac{1}{2} + P_1 + P_2 + P_3) \cdot \log c$$

og dette Areal bruges som Grovhestal, medens Abrams som nævnt ikke medregner den lodrette Strimmel yderst til venstre med Grundlinje $\frac{1}{2} \cdot \log c$; følgelig er:

$$FA \approx F - \frac{1}{2} \cdot \log c \quad \text{og} \quad GA = FA : \log c = F : \log c - \frac{1}{2}$$

I Abrams' System er iøvrigt $c = 2$ og $l_0 = 0,147$ mm; Værdien $l_0 = 0,5 \cdot l_0 = 0,0735$ mm gør han ikke Brug af.

Hummels (Grovhestal) er rundt regnet 30 Gange Abrams'. Kurvens Nulpunkt lægges i $l_0 = 0,1$ mm, es vilkaarligt. Han tegner Kurven i en saadan Maalestok, at 100% Sigtet ≈ 10 cm og af Strækningen mellem $\log 0$ og $\log 1$ paa Abscisseaksen bliver 10 cm lang. Derefter deler han Arealet uden Hensyn til Kurvens Knækpunkter - i lodrette, 1 cm brede Strimler, maaler deres Højde i Strimlens Midtlinie og adderer disse Tal; deres Sum angiver Arealet over Kurven maalt i cm^2 og bruges som Grovhestal GH . Da 1 Ordinatcentimeter svarer til det rene Tal 0,1 og 1 Abscissecentimeter ligesaa svarer $1 cm^2$ til det rene Tal 0,01. Et Areal, som af Abrams udmaales til FA (reent Tal), udmaales altsaa af Hummel til $FH = 100 FA$, og da Hummels Kurve desuden er en Ubetydelighed længere end Abrams', nemlig $\log 0,104 - \log 0,1$, faas Relationen $GH = 30,1 GA + 1,7$.

Spindels' dekadiske Grovhestal er rundt regnet $0,3 GA + 2$. Abscisserne maales nemlig i Mikron (= 0,001 mm), og Kurvens Nulpunkt lægges i $l_0 = 1$ Mikron, saa ogsaa Køff af Cementfinhed kan komme med. Systemet har den Fordel, at de logaritmiske Abscisser har deres Nulpunkt i l_0 , da $\log 1 = 0$. Da $ESP = FA + 1 \cdot (\log 104 - \log 1) = FA + 2,017$, faas $GSP = 0,301 \cdot GA + 2,017$.

1) Alfred Hummel: Das. Beton-ABC, Prenzlau 1939, S. 72.

Naar Betonens Tørstoffer deles i Fraktioner med Grovhestal G_1, G_2, \dots og der er $P_1 + P_2, \dots$ Vægtprocent af hver Fraktion, menes Betonens Vandbehov pr. kg Tørstof for Opnaelsen af en given Konsistens at være proportionalt med $\sum \frac{P}{G}$. Se dog § 337.

Sterns Grovhestal svarer til Spindels, men Stern bruger det naturlige Logaritmesystem, idet han sætter $c = e = 2,718$. Derved ændres Grovhestallet til: $GSt = GSp \cdot \log 10 : \log 2,718 = 2,303 \cdot GSp = 0,692 GA + 4,65$. Tallet kan bestemmes mekanisk ved Afvejning af Fraktionerne paa en »Kornpotens-Vægt«.

Det æquivalente enskornede Grus. En mere anskuelig Forestilling om de forskellige Grovhestals Betydning og indbyrdes Sammenhæng faar man ved at bestemme den Korndiameter, som et enskornet Grus skal have for at opnaa det paagældende Grovhestal - jmf. Fig. 339. Omformes Arealet over Kornkurven i Fig. 342 til et Rektangel ved Division med 1, bliver Rektangelts Grundlinie: $a = F : 1$, der afsat ud ad Abscisseaksen i samme Maalestok som $\log c$ ender i den søgte Korndiameter l_m .

Hvis et givet Grus har Grovhestallene GA, GH, Gsp og GSt , eftersom man bruger Abrams', Hummels, Spindels eller Sterns System, bliver Udtrykket for det æquivalente enskornede Grus' Kornstørrelse:

$$\log l_m = 0,301 GA - 0,983 = 0,01 GH - 1 = GSp - 3 = 0,4343 GSt - 3.$$

Det vilde være en Fordel at faa l_m indført som international Grovhestal, da det er en anskuelig, eentydigt defineret fysisk Størrelse, uafhængig af Diagrammernes Maalestoksforhold.

Kornpotens eller Kornmodul (§ 320) er et af Stern indført Grovhestal, nemlig Eksponenten til c i Fig. 342. Et Korn med Potensen 2 har altsaa Størrelsen $l_2 = l_0 \cdot c^2$; et Korn med Potensen m har Størrelsen $l_m = l_0 \cdot c^m$. Naar en Hob af ulige store Korn siges at have Potensen m , menes, at den i Henseende til Arealet over Kornkurven er æquivalent med en enskornet Hob med Kornstørrelse l_m . Har man udregnet det æquivalente Rektangelts Grundlinie $a = F : 1$, haves $m = a : \log c$. Kornpotensen bruges oftest i Forbindelse med $l_0 = 0,001$ mm og $c = 10$ svarende til $m = \log 1000 l_m$ med l_m i mm.

343. Schoklitschs Grovhestal bruges af Vandbyggere og stammer ligeledes fra Østrig²⁾. Det har den simple Form: $k = F_o : F_u$, hvor F_o er det Areal, der ligger over Kornkurven (Fig. 343), og F_u det, der ligger under. Er Kornkurven retliniet, og medregnes til F_u kun Arealet indtil dens Endepunkt, haves $k = 1$ for alle Værdier af d_{maks} , og k bliver derfor intet Grovhestal, med mindre d_{maks} fastsættes. Hvis man vedtager f. Eks. $d_{maks} = 100$ mm og regner F_u helt ud til d_{maks} , selvom Kurven stopper forinden, kan k bruges som Grovhestal for alle Kornhobe med $d \geq 100$ mm.

En saadan Vedtægt findes dog ikke, og man nøjdes derfor ofte med at lade k være et relativt Maal for en Række til Undersøgelse foreliggende Grussorter, idet man som d_{maks} indfører et Tal, som er lig eller større end Diametere af det groveste Korn, der forekommer i nogen af de paagældende Grussorter. Er dette Tal f. Eks. 5 mm, betegnes de fundne Værdier k_s , og de kan da let formindskes til de Værdier, man vilde have fundet, hvis man havde valgt Grænsen for F_u ved en Kornstørrelse $d > 5$ mm. Dette betyder nemlig, at F_u forøges med en kendt Værdi f , og man har da Ligningerne:

$$k_s = \frac{F_o}{F_u} \quad ka = \frac{F_o}{F_u + f} \quad F_o + F_u = F$$

hvoraf:

$$ka = \frac{f}{l + p \cdot (l + k_s)}$$

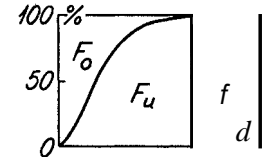


Fig. 343.

3. Kornenes sande og tilsyenladende Vægtfylde.

344. Forsøgsmaader. For et Korn af Vægt P er:

$$\text{Vægtfylden } \gamma_0 = \frac{P}{r_0} \quad \text{Rumvægten } \gamma = \frac{P}{r}$$

hvor r_0 er det pulveriserede Kornes Rumfang, r det hele Kornes Rumfang. Rumvægten kaldes ogsaa »tilsyneladende Vægtfylde«.

r_0 og r kan maales i Rumfangsmaalere (Yolumenometre, Pyknometre) fyldt med en letflydende Vædske, der ikke paavirker Stoffet kemisk, og hvis Rumfang V_0 er kendt. Man fylder Stoffet i Vædsken og aflæser det samlede Rumfang V , hvorefter $r = V - V_0$

1) Sparwirtschaft 1932, Heft 4.

2) Schoklitsch: Geschiebepbewegung in Fliessen und an Stauwerken, Wien 1926, S. 2.

r kan ogsaa bestemmes ved Vejning i Luft og Vand, hvilket navnlig bruges, naar Kornene er store (§ 25,2).

Er Kornene smaa, maa de først vejes i vandmættet, men overfladetør Tilstand (P_s). Derefter fyldes de i et lille Kar (Vægt P_o), og Vand tilsættes under Omrøring, indtil al Luft er uddrevet, og alle Korn vanddækkede. Slutelig vejes Kar+Korn i Vand ($P_s + P_{\sigma}LIP_s - LIP_o$) og Karret alene i Vand ($P_{\sigma}LIP_o$), hvorefter ΔP_s - som er Kornenes Rumfang - kan udregnes.

Vægtfylden findes ved at tørre Kornene fuldstændig og pulverisere dem saa fint, at alt Pulveret passerer 900 Maskers Sigten, og at højst 5% bliver liggende paa 4900 Maskers Sigten; en stærkere Findeling vil som Regel ikke føre til en nævneværdigt højere Værdi af Vægtfylden. Derefter bestemmes P og r_o .

Fint Stenpulvers Vægtfylde bestemmes bedst ved Brug af absolut Alkohol og ved at stille Pyknometret i Vakuum, saa Luften uddrives. Temperaturen bør være 20o; Alkohols Temperaturudvidelse er ca. 6 Gange Vands.

Rumvægten (den tilsyneladende Vægtfylde) bestemmes paa samme Vis blot uden Pulverisering. Pyknometervædsken er oftest Vand. For uporøse Korn er $r = r_o$, for porøse Korn er $r > r_o$. Hvis det porøse Korn har en uporøs Overflade, er r et utvetydigt Begreb, men hvis Porerne naar ud i Overfladen og kan optage Vand eller maaske endog fine Pulvere, kan en fast Definition ikke gives.

For Grus til Beton er γ_o som Regel uden Betydning, hvorimod γ kan bruges til at udregne, hvor meget P_{kg} Grus fylder i Betonen, og r maa da defineres som Kornets ydre Rumfang indbefattet de Porer, som kun Luft og Vand, men ikke Cement kan trænge ind i. For at finde denne Værdi maa man hindre Pyknometervædsken i at trænge ind i Porerne ved enten at bruge vandmættet, men overfladetørt Grus eller ved forud at mætte Kornenes Porer med Petroleum og bruge en Kogsaltopløsning som Pyknometervædske. Den Petroleumsmængde, som ikke er indsuget, vil da stige til Vejrs, saa man finder den sande Værdi af r . Se *Jærnbeton* 1931, § 81. Ingen af disse Metoder er dog helt god.

Bruges Vandmætning, maa Kornene efter Vandmætningen have ligget spredt paa en Plade i et enkelt Lag, indtil de skønnes at være overfladetørre, men dette Skøn er usikkert.

Bruges Petroleumsmætning, kan det ske, at fine Lerpartikler stiger til. Vejrs sammen med Petroleum og lejrer sig over Saltvandets Overflade. Endvidere vil den Petroleumshinde, der utvivlsomt bliver siddende paa Kornene, medføre, at r findes for stor.

Et godt Kriterium for, at Sandet er frit for Overfladevand, mener man i U.S.A. at have fundet ved at vandlagre Sandet i 3 Timer og lade det tørre i nogen Tid og derefter bestemme dets Plasticitet med passende Tidsafstande). Hertil bruges en lille Keglestubform $2\frac{7}{8}$ in. høj med Diameter $1\frac{1}{2}$ in. foroven og $3\frac{1}{2}$ in. forneden, svarende til at Frembringernes Vinkel med Grundfladen er 70° . den fyldes med Sandet, der stemples paa normeret Maade, hvorefter Formen fjernes. Ved de første Forsøg vil Sandkeglen da sandsynligvis bevare Formen, men ved et senere Forsøg vil Sandet skride ud, fordi Overfladevand og dermed Haarrørskræfterne er forsvundne. Det Vand, som Sandet i denne Tilstand indeholder, betegnes som Absorptionsvandet, og i denne Tilstand bestemmes Sandets tilsyneladende Vægtfylde.

Er der kun faa vandsugende Korn, faar man utvivlsomt det rigtigste Rumfang ved ikke at mætte Gruset forud; man gaar da frem som ved uporøse Korn brugende Vand som Pyknometervædske. Den sande Værdi af r bliver $r = \frac{V - V_o - \Delta V}{V}$ hvor ΔV er den indsugede Vandmængde, saa ved at se bort fra denne, finder man γ lidt for stor. De Værdier, der meddeles nedenfor, er fundet paa denne Maade.

Fjelen bliver mindre, hvis Prøven gøres med det naturfugtige Grus. Værdien $V - V_o$ vil da indbefatte Naturvandet - saavel i som mellem Kornene - samt alle for Vandet utilgængelige Porer. Kun de Porer i Kornene, som først fylder sig i Pyknometret, er ikke med; hvis disse udgør x cm³, og hvis Mængden af Naturvand udgør u_n cm³, bliver Ligningen $V = V_o + u_n + r + x$, hvoraf $r + x$ kan beregnes. Da x kun er en Brøkdel af ΔV , faar man en rigtigere Værdi af r ved at sætte $x = 0$ end ved at sætte $\Delta V = 0$.

1) A.S.T.M. Proceedings 1936, Part II, S. 411 (D. O. Woolf).

345. Rumfangsmaalere til Bestemmelse af Korns Rumfang kan have forskellige Former. Almindelige Vandkar med kendt Rumfang kan bruges, naar Kornene er store. Er:

$$\begin{array}{l} p_o + Pst \quad \text{Vægten af Karret fyldt med tørre Sten (kg)} \\ PO + Pst + P_v = \quad \text{» » » » » Sten og Vand} \end{array}$$

findes P_v som Differens, og P_v er lig med Vandets Rumfang r_v i Liter. Er Karrets Rumfang 20 l, bliver Stenenes Rumfang: $r_{st} = 20 - r_v$. Har man ingen Vægt, kan r_v maales.

Er Stenene porøse, bør man i Stedet for deres Tørvægt indføre deres Vægt i vandmættet, men overfladetør Tilstand (§ 344). Prøven bør gøres med mindst 10 kg Sten. Grus kan kun prøves paa denne Maade, hvis Kornene er uporøse.

Maaleflasker egner sig for smaa Kornmængder. Den i Fig. 345 viste, hvis Hals er ca. 20 mm vid, fyldes med Vand til 200 cm³ Mærket paa det nedre indsnævrede Parti, hvorefter 500 g af det lufttørre Stof drysses langsomt i, idet man samtidig ryster Flasken, saaledes at der ingen Luftbobler bundfældes sammen med Kornene. Slutelig aflæses Vandstanden V i den øvre Hals, der er inddelt i cm³, og man har da:

$$\gamma = \frac{500}{V - 200} \text{ g/cm}^3.$$

Er Kornene porøse, og skal $V - 200$ være deres Rumfang inclusive de aabne Porer, kan man først mætte disse med Petroleum som beskrevet i § 344.

Ved et Forsøg med Havsand fandtes følgende Vægtfylder:

2,600, naar Flasken ikke bevægedes under Vandpaafyldningen
2,614, » » bevægedes
2,621, » » anbragtes i Vakuum
2,628 ved Brug af Alkohol og Bevægelse.

Fig. 345.

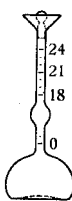


Fig. 345,1.

Schumanns Volumometer (Fig. 345,2) er noget besværlig at arbejde med, men giver nøjagtige Værdier. Det bruges mindre til Sand end til Cement. Det bestaar af en lille bred Glasflaske, i hvis Hals der nøjagtig er indselet et langt Glasrør, inddelt i 0,1 cm³. Apparatet renses og tørres omhyggeligt, og Røret trykkes meget fast ned i Flasken, efter at Berøringsfladerne er besmurt med Tælle. Apparatet fyldes derpaa med Terpentiniolie (der ikke paavirker Cementen) til lidt over nederste Delestreg og henstilles, til al den Olie, der sidder paa Rørvæggen, er sunket ned, derpaa aflæses Oliens Stand. Imidlertid har man paa Glaspapir meget nøjagtig afvejet 100,00 g Cement, der fyldes i Apparatet, og naar Vædskens Stand ikke ændrer sig mere, aflæses atter. Differensen mellem de to Aflæsninger er Cementens Volumen, der divideret op i de 100,00 g giver Vægtfylden. Man maa naturligvis sørge for, at Luftens Temperatur er den samme ved begge Aflæsninger, og at Varmen fra ens Hænder har fordelt sig, inden man aflæser; før sidste Aflæsning maa Apparatet henstaa længe, saa at den med Cementen indbragte Luft kan faa Tid til at undvige.

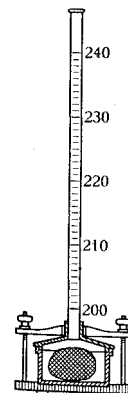


Fig. 345,3.

Michaelis' Volumometer (Fig. 345,3) kan i Modsætning til Schumanns bruges, naar Kornene er større end Glasrørets Vidde. Det bestaar af en Messingdaase med aftageligt, men fint tilpasset Laag, i hvilket Glasrøret er fastkittet. Daasens Rumfang indtil 200-Stregen paa Glasrøret er nøjagtigt 200 cm³. Pulveret eller Legemet nedlægges i Daasen, Laaget fastspændes med den viste Skruetvinge, hvorefter der gennem Glasrøret indfyldes 200 cm³ Vand. Stiller Vandspejlet sig ved 221,1, er Prøvelegemet Rumfang 21,1 cm³.

Erdmenger-Mann's Volumometer (Fig. 345,4) giver meget nøjagtige Værdier og er let at arbejde med. Det bestaar af en lille Maalekolbe G, der rummer nøjagtigt 50 cm³ regnet op til en Streg paa Halsen. Efter at Kolben er grundigt tørret, fylder man en afmaalt Mængde (ca. 20 cm³) Vand eller anden Vædske i og derefter 30,00 g

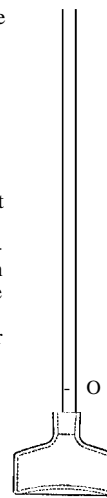


Fig. 345,2.

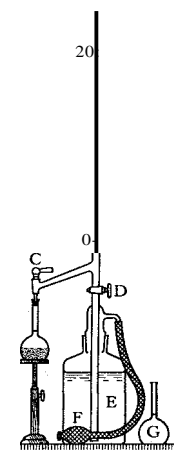


Fig. 345,4.

Pulver, hvorpaa Kolben rystes til alle Luftblærer er uddrevne; man efterfylder saa med Vædske til Halsstregen. Er der tilsat V cm³ Vædske ialt, findes Vægtfylden:

$$\gamma = \frac{50 - V}{30}$$

Vædsken tilsættes gennem Hanen C fra en Burette B, der nøjagtigt rummer 50 cm³, og hvis nedre Del er inddelt i 1/20 cm³ med Nulstregen nederst, saaledes at man efter Maalekolbens Fyldning ikke aflæser V , men direkte 50 - V .

Burettens Fyldning sker automatisk, idet den sidder paa en Forraadsflaske E, fra hvilken Vædsken presses op i den, ved at man med Gummiballonnen F pumper Luft ind i Flasken. Naar Buretten er halvfyldt, aabner man Hanen C nogle Sekunder, saa Luften i det til Hanen førende skraa Rør uddrives. Derefter fortsættes Pumpningen, indtil Vædsken flyder ud af Burettens øvre Munding A, hvorefter Hanen D lukkes, der befinder sig da 50 cm³ Vædske over Nulstregen. Skal et nyt Forsøg gøres, har man kun at aabne D og atter trykke Vædsken i Vejret.

346. Forsøgsværdier. I naturligt aflejret Grus vokser Vægtfylden med af-tagende Kornstørrelse, fordi store Korn med ringe Vf. og smaa Korn med stor Vf. synker lige hurtigt ned gennem Vandet og derfor lejrer sig sammen.

Ved Sortering af Samsøgrus fandtes!)

Kornstørrelse i mm:	7,3-5	5-2	2-1,5	1,5-1	1,0-5	0,5-0
Vægtfylde γ	2,54	2,56	2,58	2,60	2,63	2,68

Havsand fra andre Egne i Danmark, har givet tilsvarende Værdier- (§ 354).

Overensstemmende fandtes for Bakkegrus fra Kallerup:

Kornstørrelse i mm	5-2	2-0,5	0,5-0
Vægtfylde γ	2,58	2,63	2,64

Middelværdien af γ for de danske Grusorter der overvejende bestaar af Kvarts og Feldspat, synes ikke at variere paa nogen Lovmæssig Maade med Kornstørrelse og Aflejningssted og kan regnes at være 2,65.

Middelværdien er maaske snarere 2,61 (se *Jærnbeton* 1931, § 73), men ved de fleste Anvendelser maa man hellere regne med en for høj end med en for lav Værdi.

For Betonmaterialer har jeg fundet hosstaaende Værdier af γ ; Værdierne i Parentes gælder for petroleumsmættede Korn.

For 10 Sandprøver fra Jyllands Vestkyst fandtes 2,65-2,77. En 11' Prøve, der var sort af Magnetjærn, havde $\gamma = 3,11$.

For 33 Sandprøver fra Illinois (U.S.A.) fandtes 2,63-2,75 (Bulletin Nr. 70, S. 10).

Se desuden § 354 og E. Suenson: Bakkegrus som Betonmateriale (Ing. 1910, S. 419).

Hav-Sten 45/10 mm fra Faksebugt	2,57-2,68
30/5 » »	2,57
Nøddesten	2,60-2,68
Fra Stevns	2,65
» Orhage	2,68 (2,56)
Ærtesten fra Møen	2,63
>>> Stevns	2,65
Hav-Grus og -Sand	2,57-2,67
Fra Samsø	2,57-2,60
» Masnedsund	2,60
» Helsingør	2,60-2,67
» Ellekildehage	2,61
» Køgebugt	2,61-2,62
» Rungsted	2,61
>>>	2,65 (2,61)
» Taarbæk ³⁾	2,66 (2,63)
Bakke-Sand ⁴⁾	2,61-2,67
Bakke-Ærtestensgrus	
Fra Kallerup,	2,62

4. Kornhobes Lejringsstæthed og Rumvægt.

a. Oversigt.

347. Man har ofte Brug for at kende Summen af Kornenes Rumfang i 1 m³ Sand, Grus eller Sten, og den er, som det følgende vil vise, meget variabel. For Kortheds Skyld bruges Ordet Grus som Fællesbetegnelse for alle tre Stoffer.

Hvis der i R m³ Grus findes r m³ Korn og l m³ Mellemlum (Vand + Luft), altsaa $R = r + l$, er Grusets Tæthedsgrad eller Lejringsstæthed:

$$\text{Tæthedsgrad (Lejringsstæthed): } T = \frac{r}{R} + l = \frac{r}{R}$$

$$\text{Utæthedsgrad: } \frac{l}{R} = \frac{R-r}{R} = 1 - T$$

$$\text{Mellemlumsprocent: } p = (1 - T) \cdot 100.$$

--1)-E.-Suenson: Kornstørrelsens Indflydelse paa Mørtelsands Egenskaber (Ing. 1913, S. 230) og Bakke-sand som Mørtelmateriale (Ing. 1920, S. 730).

2) K. Danø: Rationelle Mørtel- og Betonblandinger (Ing. 1911, S. 36).

3) Gruset indeholdt 12% Kalk.

4) E. Suenson: Humusholdigt Sand som Mørtelmateriale (Ing. 1922, S. 569).

Hvis de r m³ Korn i vandfri Tilstand vejer P kg, er:

$$\text{Kornenes tilsyneladende Vægtfylde: } \gamma = \frac{P}{r}$$

Hvis der med l kg Tørstof følger v kg Vand, vejer de R m³ Grus: $\rho \cdot (l + v)$ kg, og følgelig er:

$$\text{Kornhobens Rumvægt: } \rho = \frac{P'(l + v)}{R} = \frac{\gamma \cdot r \cdot (1 + v)}{R} = \gamma \cdot T \cdot (1 + v).$$

Lejringsstætheden kan bestemmes enten direkte ved at maale Mellemlum-menes Størrelse eller indirekte af Kornhobens Rumvægt og Kornenes tilsyneladende Vægtfylde; begge Metoder omtales i § 352. Rumvægtens Bestemmelse omtales i § 348-51. Resultaterne af slige Undersøgelser er stærkt afhængige af Grusets Vandindhold og er derfor sorteret i 3 Grupper. Først omtales tørt Grus (§ 353-8), derefter fugtigt Grus (§ 359-60) og sluttelig Grus aflejret under Vand (§ 361).

Formaalet med slige Undersøgelser kan være forskelligt.

Tørt Grus' Lejringsstæthed bestemmer man i Laboratorierne, fordi den i nogen Grad giver Oplysning om Kornform og Kornkurveform, og fordi Bestemmelsen foregaar let.

Fugtigt Grus' Lejringsstæthed maa man kende ved Omregning fra Maal til Vægt, da der altid - bortset fra Skærver - er Vand i Gruset ved Leveringen.

Under Vand lejrer Grus sig med Maksimum af Tæthed, tættere end hvis det sammenrystes i tør Tilstand, og Tætheden er lidet paavirket af Maalekarrets Art og Fyldningsmaade og derfor i højere Grad en Materialkonstant end de Tætheder, der bestemmes paa anden Maade.

Hvis Gruset skal sammenbindes med Asfalt eller Cement til en tæt Masse, regner man undertiden med, at det Grus, der kan bibringes den tætteste Lejringskræver mindst Bindemiddel. Denne Antagelse har ansporet til Tæthedsundersøgelser, og ved disse maa man eliminere Fugtighedsgradens Indflydelse ved enten at bruge helt tørt eller vandmættet Grus, og det sidste er bedst.

Antagelsen er dog ikke rigtig (§ 361), der er ingen simpel Forbindelse mellem Grusets Lejringsstæthed og dets Egnethed til Beton; denne afhænger i højere Grad af Grusets Grovhed (§ 389).

b. Rumvægtens Bestemmelse.

a. Forhold, der paavirker Rumvægten.

348. Det i § 347 udledede Udtryk for en Kornhobes Rumvægt viser, at den afhænger af (1) Kornenes tilsyneladende Vægtfylde, (2) Kornenes Lejringsstæthed, (3) Vandindholdet.

Vandindholdet paavirker ikke blot Rumvægten gennem Faktoren $1 + v$, men har desuden Indflydelse paa Lejringsstætheden; denne er større for tørre Korn end for fugtige, og Forskellen er meget stor, hvis Kornene er smaa.

Naar Rumvægten bestemmes, kan det være til Brug i Praksis ved Omregning fra Vægt til Maal, og i saa Fald bør man lægge mere Vægt paa, at (2) og (3) svarer til de praktiske Forhold, end paa at Middelfejlen bliver lille. Saadanne Maalinger foretages bedst paa Byggepladsen; foretages de i Laboratoriet, maa man bruge tilsvarende store Maalekar og tilsvarende Fyldningsmaader (§ 350), og Gruset maa være normalt fugtigt. Nogle Værdier findes i § 360 og 362.

Men Rumvægten bruges ogsaa som et Tal, der i al Almindelighed karakteriserer Stoffet, og i saa Fald anvendes luft- eller ovntørret Materiale og skarpt definerede Maalekar og Fyldningsmaader (§ 349-51).

349. Lejringsstæthed i et Maalekar afhænger' ikke blot af det maalte Stofs Ejendommeligheder - Kornform (§ 316), Kornstørrelse (§ 354-62), Kornkurve (§ 356-61), Vandindhold (§ 363) - men ogsaa af Maalemaadens Ejendommeligheder og da navnlig 'af (a) Maalekarrets Form og Størrelse samt (b) Fyldningsmaaden.

(a) **Maalekarrets Indflydelse.** En god Form for Maalekar er den cylindriske med $h = d$, men selvom man bruger disse eller andre **ligedannede Kar**, vil Lejringsstæthed vokse med Karrets Størrelse, dels paa Grund af Tyngdens Virkning, dels fordi Forholdet mellem Maalekarrets Rumfang og Overflade spiller en Rolle, som følgende Betragtning viser. Naar man vil bestemme Vægten af 1 Liter Korn, burde man veje alt det Materiale, der falder indenfor Væggene af en Tærning' med 10 cm Sidelinie, som tænkes indtegnet i Kornbunken; naar man i Stedet for fylder Kornene i en materiel Tærning, gaar man Glip af de Kornender, som rager ind i den tænkte Tærning (Fig. 349). Lejringsstæthed langs Karrets Bund og Vægge er altsaa forringet, og følgelig findes Rumvægten des mindre, jo større Karrets Overflade er i Forhold til dets Rumfang. Denne Virkning gør sig ogsaa gældende ved Maalekarrets Afstrygning, og den er naturligvis navnlig fremtrædende, naar Maalekarret er lille og Kornene store.

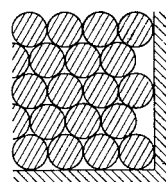


Fig. 349.

Ved løs Fyldning af ligedannede cylindriske Maalekar 10l Kar med $h = \frac{3}{4}d$: 1286 g/l (100)
fandtes for Sand med 4½% Vand: 50l » » » : 1392 » (108)

Disse Fejl er uundgaaelige i Modsætning til de Fejl, der skyldes Brug af **uligedannede Kar**. Jo slankere Karret er, des mindre findes Rumvægten paa Grund af Friktionen langs Karrets Sider.

Saaledes fandtes for Kallerupgrus med 12,8% Sten (>5 mm) ved løs Ifyldning:

Maalekarrets Størrelse	0,25% Vand	3,57% Vand
10l Kar med $h = \frac{3}{4}d$	1736 g/l (100)	1321 g/l (100)
20l » » $h = d$	1681 » (97)	1297 » (98)

(b) **Indfyldningsmaadens Indflydelse.** Naar løst lejrede Stoffer sammenrystes, kan Rumvægten stige 30% og mere. Jo løsere den oprindelige Lejrings er, des større er naturligvis Virkningen, der derfor er særlig stor ved fugtige Stoffer og voksende med Stoffets Finkornethed (§ 351). Paa'enskorrede Stoffer har en Sammenrystning mindre Virkning end paa uenskorrede, naar **Middelkornstørrelsen** er den samme. Den mindste Rumvægt finder man ved at drysse Stoffet i Maalekarret uden nævneværdig Faldhøjde; fylder man det skovlvis i med Kast, bliver Rumvægten større; og rystes Maalekarret under Fyldningen, bliver den endnu større. Se iøvrigt § 351.

β. Maalekar og deres Fyldning.

350. Maalekar. I Laboratorierne bruges mest 1, 10, 20 og 50 Liter Maalekar; de er hyppigst cylindriske med $d = h$ eller $d = 1,5 h$ (Tyskland).

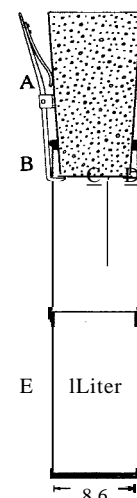
1 Liter Karret bruges til finkornede Stoffer.

10 eller 20 Liter Karret bruges til grovkornede Stoffer.

50 Liter Karret bruges som Regel kun, naar man vil søge at bestemme den Rumvægt, Stoffet har ved Udmaaling paa en Byggeplads.

1 Liter Karret fyldes med forskellige Apparater, og dets Slankhed varierer med Apparatets Art.

Bohmes Apparat bestaar af et cylindrisk 1 Liter Maalekar E (Fig. 350) med et Paasætningsstykke B, der er indrettet som en Kornvægt, altsaa saaledes, at hele Massen paaen Gang styrter ned i Maalekarret. I Paasætningsstykkets cylindriske Rør findes et Spjæld C, drejeligt om Hængslet D og fastholdt i vandret Stilling af en Hage paa Vægtstangen A. Rummet over Spjældet fyldes løst med Forsøgsmaterialet til Strøgmaal, og ved et Tryk paa Haandtaget udløses Spjældet, saa Materialet styrter ned i Maalekarret, s. om det rigeligt, fylder. Efter forsigtig Fjernelse af Paasætningsstykket og Afstrygning af Literkarret vejes dets Indhold.

Fig. 350.
Bohmes Liter.

Tragtapparatet Fig. 350,1, der af *I.M.* anbefales til Bestemmelse af Cements Litervægt, er særlig egnet for Pulvere. Litermaalet, der er cylindrisk med $h = d$, opstilles lige under Tragten, midt i hvilken der er et Sold med 2 mm cirkulære Huller. Pulveret anbringes paa Soldet i Smaaportioner (3-400 g), der ved Hjælp af en Træspatel drives gennem Hullerne. Pulveret lægger sig som en Kegle i Maalekarret, og naar denne Kegle har naaet Karrets Rand, afstryges den forsigtigt, hvorefter Karrets Indhold vejes.

10 Liter Karret fyldes for Haanden med en Skuffe, fra hvilken Materialet drysses med mindst mulig Faldhøjde, og saaledes at Overfladen i Karret stadig holdes vandret

Forholdet mellem den saaledes bestemte Litervægt og den med Bohmes Apparat bestemte fandtes at være ca. 1,04 for tørt Sand og ca. 0,88 for fugtigt Sand². Det fugtige Sand, der lejrer sig meget løst i 10 Liter Karret og ligesaa løst i Bohmes Fyldekar, vil nemlig ved Faldet fra dette blive komprimeret, medens det tørre Sand, der lejrer sig meget tæt i 10 Liter Karret og ligesaa tæt i Bohmes Fyldekar, ved Faldet vil faa en noget løsere Lejrings, fordi hvert enkelt Sandkorn vil blive fastholdt af Nabokornene i den Stilling, det fik ved Faldet, uden at kunne glide i Leje som ved Inddrykning.

50 Liter Karret ($h = d = 40$ cm) fyldes med Skovl ganske som paa en Byggeplads, kun maa Skovlen ikke berøre Karret, saa det rystes. Stoffets Fugtighed bør være den naturlige. Har illan ikke Materiale nok til at bestemme Rumvægten paa denne Maade, kan man bestemme den med Bohmes Apparat. For fugtigt Grus uden store Sten har jeg ved forskellige Lejligheder foretaget begge Bestemmelser og fundet paa det nærmeste samme Værdi.

Saaledes fandtes for Havmaterialer:

	Ærtesten	Betongrus	Betongrus ² ,
Vandindhold	2,62 %	3,84 %	5,10 %
Vægt i Bohmes Liter	1512 g/l	1453 g/l	1513 g/l
» » 50 Liter Kar	1552 »	1401 »	1510 »

1) E. Suenson: Bakkesand som Mørtelmateriale (Ing. 1920, S. 730).

» » : Humusholdigt Sand som Mørtelmateriale (Ing. 1922, S. 570).

2) E. Suenson: Betongrus' Rumvægt i forskellige Maalekar (Ing. 1921, S. 728-9).

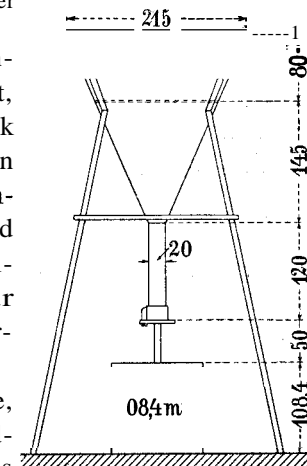


Fig. 350,1. Tragtapparat.

· 80 Liter Kar af Børform (Fig: 350,2), der fyldes som paa en Byggeplads, giver paa det nærmeste samme Rumvægt som det foregaaende.

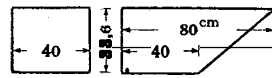


Fig. 350,2. 80 Liter Kar.

For Havmaterialer fandtes:

Sand 5/0 mm fra Stubben i Øresund (harpet Kiselgrus), 0,5% Vand	{	Vægt i Bohmes Liter	1582 g/l
Ærtstensgrus ¹ , 5,1% Vand, Vf. 2,62	{	» » 80 l Bør	1618 »
	{	Lejringsstæthed i 50 l Kar	0,546
	{	» » 80 l Bør	0,539

351. Fyldningsmaader. Der skelnes mellem (1) Løs Fyldning, (2) Sammenrystning og (3) Sammenstamping.

(1) Løs Fyldning foreligger, naar Kornene fra en større eller mindre Højde er faldet ned i Maalekarret, og der derefter intet er gjort for at forøge Lejringsstætheden. En saadan Fyldning er mest brugt, fordi den er nemmest at foretage. Hvad enten den udføres paa den ene eller den anden Maade, skal Maalekarret stilles paa et fast Fundament og fyldes og afstryges uden Rystelser. Efter Maalekarrets Størrelse bruges forskellige Fyldningsmaader, som omtalt i § 350.

Afstrygningen foretages med en Lineal, der hviler paa Karrets Rand, og som føres frem med en vandret Zig-zag-Bevægelse. Afstrygningen gentages - stadig i samme Retning - indtil Linealen intet fører med sig. Linealen maa ikke komprimere, og dens Forflade bør derfor være plan og holdes lodret. Forsøget bør gøres mindst 2 Gange, og Enkeltværdierne Afvigelse fra Middeltallet bør ikke overstige 2%.

De Rumvægte, man finder paa denne Vis, varierer meget stærkt med Indfyldningsmaaden og Maalekarret; kun naar disse Faktorer er ens, kan Tallene sammenlignes. De er kun under særlige Forhold en Maalestok for Grusets Egnethed til Beton (*Byggematerialer* IV, 1911, § 1074).

(2) Sammenrystede Stoffers Rumvægt bestemmes under Brug af samme Maalekar som ovenfor, kun sættes Karret i Rystelser under Fyldningen, idet man tilstræber at faa Maksimum af Lejringsstæthed. Denne Rumvægt er mindre afhængig af Stoffets Vandindhold og af Indfyldningsmaaden end Rumvægten ved løs Lejrning, men besværligere at bestemme.

Bruges Bohmes Literkar, kan man fylde det med en Ske i 5-6 Lag, og for hvert Lag støde Karret mindst 200 Gange mod en underlagt Staalplade; derefter paasættes et Forlængelsesstykke, saa endnu et Lag kan paarystes, hvorefter Forlængelsesstykket fjernes, og Karret afstryges.

Sammenrystningens fortættende Virkning afhænger naturligvis ganske af, hvor løst Maalekarret oprindeligt er fyldt, men af de Forsøgsresultater, der lejlighedsvis meddeles i det følgende, kander dog udledes visse Love, der sammen med nogle af de fundne Talværdier gengives her for Overblikkets Skyld. Hvis Lejringsstæthedens Vækst ved Rystning ΔT ($= T_r - T_z$) udtrykkes i % af T_z gælder følgende:

Jo løsere den oprindelige Lejrning er, des større er ΔT . Derfor er ΔT større for Pulvere end for store Korn (§ 354), større ved Brug af et lille end ved Brug af et stort Maalekar og langt større for fugtige Stoffer end for tørre, saafremt Kornene er smaa (§ 359).

Vandindholdets og Kornstørrelsens Indflydelse fremgaar af følgende Tæthedstal bestemt med Bohmes Liter og gældende for Havgrus indeholdende 0 eller 5,1% Vand og 20% Smaasten (>5 mm) og for det i Gruset værende Sand (<5 mm):

	Tørt Grus 10/0	Tørt Sand 5/0	Fugtigt Grus 10/0	Fugtigt Sand 5/0
T_z :	0,65	0,61	0,55	0,52
T_r :	0,76	0,73	0,71	0,67
ΔT :	17	19	29	29 %

1) E. Suenson: Betongrus' Rumvægt i forskellige Maalekar (Ing. 1921, S. 728).

ΔT vokser med aftagende dmaks, saavel naar Kornene er nogenlunde ligestore, som naar Størrelsen gaar ned til Nul; og saavel naar Kornene er tørre, som naar de er fugtige.

Forsøg med tørre, enskornede Stoffer gav (§ 354):

Bakkesten	29/16	16/6,6	6,6/4,1	4,1/1,9	mm
ΔT :	9	11	12	13	%

Forsøg med tørre, uenskornede Stoffer gav (§ 354):

Bakkegrus 6,6/0	Bakkesand 1,9/0	Havgrus 10/0	Havsand 5/0	mm	
ΔT :	12	15	17	19	%

For meget fint Flintpulver fandtes 30%

Forsøg med fugtige Havmaterialer gav (§ 359):

Nødde- og Ærtesten	Ærtestensgrus og Sand	Sand, i 1 Liter Kar	%
ΔT :	11-13	22-29	indtil 45

(3) Sammenstampede Stoffers Rumvægt bestemmes som (2), idet Rystningen erstattes med en Stampning, hvortil bruges enten en Træstøder med plan Stampeflade, der komprimerer Materialet (§ 359), eller en spinkel Jærnstang, der trænger ind mellem Kornene og derved tilvejebringer en Lejringsstæthed, der er mindre afhængig af Stampningens Intensitet end den med Træstøderen tilvejebragte.

Sidstnævnte Fremgangsmaade bruges i U.S.A. Stangen er 16 mm i Diameter og 60 cm lang; paa de nederste 25 mm er den kegleformet med afrundet Spids. Karret fyldes til $1/2$ Højde, og Indholdet stemples 25 Gange, hvorved Støderen ikke maa ramme Bunden haardt; derefter fyldes til $2/3$ Højde, og det nye Lag (kun dette) stemples 25 Gange; sluttelig fyldes med Top, hvorefter dette sidste Lag stemples 25 Gange og afstryges. Denne Fremgangsmaade er optaget i Sverige, kun er Jærnstangen 20 mm tyk og 50 cm lang, og Maalekarrenes Størrelse er fastsat til 3, 15 eller 30 Liter, eftersom største Korndiameter er ≤ 7 mm, 7-30 mm eller >30 mm.

Komprimeringen bliver væsentlig ringere end ved Stampning med Træstøder og ved Sammenrystning; tørt Grus komprimeres kun faa Procent.

c. Lejringsstæthedens (Mellemrumsprocentens) Bestemmelse.

352. Grusets Lejringsstæthed findes nøjagtigst af Udtrykket:

$$T = \frac{\rho}{\gamma \cdot (1 + v)}$$

idet man bestemmer det fugtige Stofs Rumvægt samt tørrer en Prøve og derved finder Vandindholdet, og endelig maa de tørre Kornes tilsyneladende Vægtfylde bestemmes!). Tilnærmelsesvis kan man regne $\gamma = 2650$ og for Grus i Leverings-tilstanden $v = 0,05$. Af T kan da Mellemrumsprocenten udregnes.

For $\gamma = 2650$ og $v = 0$ eller 0,05 giver efterfølgende Tabel¹⁾ sammenhørende Værdier af Rumvægt, Masseprocent og Mellemrumsprocent:

	Grusets Rumvægt:	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	kg/m ³
$v = 0$	{ Stenmasse:	37,7	41,5	45,3	49,1	52,8	56,6	60,4	64,2	67,9	71,7	75,5	%
	{ Mellemrum:	62,3	58,5	54,7	50,9	47,2	43,4	39,6	35,8	32,1	28,3	24,5	%
$v = 0,05$	{ Stenmasse:	35,9	39,5	43,1	46,7	50,3	53,9	57,5	61,1	64,7	68,3	71,9	%
	{ Mellemrum:	64,1	60,5	56,9	53,3	49,7	46,1	42,5	38,9	35,3	31,7	28,1	%

Direkte Bestemmelse af Mellemrumsprocenten kan ske ved at veje eller maale den Vandmængde, der kan være i Karret samtidig med Gruset, men denne Metode giver for smaa Værdier, hvis man ikke faar al Luften ud-drevet, hvilket er vanskeligt ved finkornet Materiale 2). Ogsaa ved denne Metode maa der naturligvis korrigeres for Grusets oprindelige Vandindhold.

1) E. Suenson: Sands Hulrumsprocent og Rumvægt (Ing. 1912, S. 134).

2) Fejlen kan være meget stor; for Strandsand fandtes ved Vandpaafyldning 31% Hulrum, mens den sande Værdi beregnet af Rumvægten var 45%.

For at faa Luften bedst muligt uddrevet maa den afmaalte Grusmængde tømmes ud af Karret, hvorefter der hældes Vand i dette, og Gruset atter tilsættes i smaa Portioner og under Omrøring. Den Fejl, der opstaar, hvis Kornene er vandsugende, kan - hvis Kornene er store - elimineres ved at vandlagre Kornene i 24 Timer forud for Forsøget.

Ved Brug af Tabellen ovenfor vil man som Regel finde rigtigere Værdier end ved en direkte Maaling af Mellemmummene.

Pulvere (Pigmenter, Svovl), der let klumper i Luften, saa Litervægten bliver tilfældig, lader man bundfælde sig i Vand eller anden Vædske, og i Stedet for Litervægten bestemmer man da ofte det Rumfang, som en Vægtenhed af det tørre Pulver fylder efter Bundfældningen. Dette Rumfang betegnes undertiden Sedimentrumfanget; Prøven gøres i et Maaleglas.

Tørre Stoffers Rumvægt omtales i § 353-8, fugtige Stoffers i § 359-61" Værdier til Brug ved Styrkeberegninger i § 362.

d. Tørre Stoffers Lejringsstæthed.

a. Oversigt.

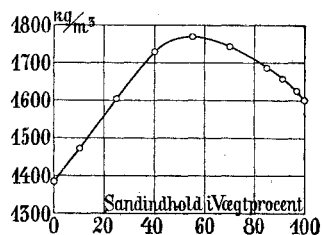
353. Finkornede Stoffers Lejringsstæthed er langt ringere, naar Stoffet er fugtigt, end naar det er tørt, hvorom nærmere i § 359. Tørre Stoffers Lejringsstæthed afhænger af:

(1) Maalekarrets Form, Størrelse og Fyldningsmaade (§ 349).

(2) Kornenes Form, idet afrundede Korn lejrer sig tættere end kantede.

(3) Kornkurvens Form, idet Korn med uens Størrelse lejrer sig tættere end Korn med ens. Enskornet Sand og enskornede Sten vil, naar de forsigtigt fyldes i et Maalekar, lejre sig med $T = \text{ca. } 0,5$, medens man for et uenskornt Stof under samme Forhold kan finde $T = 0,71$ og mere. Som Eksempel paa T 's Variation, naar to uens Kornstørrelser sammenblandes, viser Fig. 353 Resultaterne af Forsøg¹⁾ med Strandsand, der havde passeret en Sigte med 4 Masker pr. cm^2 , og som blandedes med Sten, der blev liggende, paa denne Sigte efter først at have passeret en Sigte med 20 mm runde Huller. Vægten af de forskellige Blandinger bestemtes ved at veje 50 l. I Begyndelsen stiger Rumvægten omtrent proportionalt med Sandtilsætningen, idet Sandet finder Plads mellem Stenene uden at paavirke disses Lejringsstæthed, men efter at Sandindholdet har overstegit ca. 50 %, begynder det at trænge Stenene ud af Kubikmeteren, og Vægten aftager da igen, idet 1 cm^3 Sand er lettere end en Sten paa 1 cm^3 .

Fig. 353. Tørt Grus' Rumvægt.



Foretages Forsøget med samme Sand, men mindre Sten, forskydes Maksimumspunktet mod højre, som forklaret i § 357. En Forskydning i samme Retning indtræder, hvis Gruset sammenrystes i Maalekarret.

β. Enskornede tørre Stoffers Lejringsstæthed.

354. Hvis en Kornhob vejer ρ kg/m^3 , og man forstørre alle dens Korn n Gange, vil den nye Hob være lig med den gamle set gennem et Forstørrelsesglas, Mellemmummene vil altsaa ogsaa være forstørrede n Gange, og Rumvægten forbliver uændret. Kornenes absolutte Størrelse skulde derfor ikke paavirke Lejringsstætheden, og dette faar man i Hovedsagen bekræftet, naar man deler naturligt, rundkantet Grus i nogenlunde ligedannede Fraktioner og undersøger deres Lejringsstæthed.

¹⁾ Annales des ponts et chaussees 1892, S. 28 (Ferret).

Naar Bakkegrus fra Hedehusene sorteredes i de i Fig. 354 viste Fraktioner, fandtes de i efterfølgende Tabel indførte Rumvægte; det maa bemærkes, at Benævnelserne ikke er de nugældende (§ 311). Der brugtes et cylindrisk 20 Liter Maalekar, der dels fyldtes forsigtigt uden Kast og Rystelser, dels under samtidig Rysten af Maalekarret¹⁾.

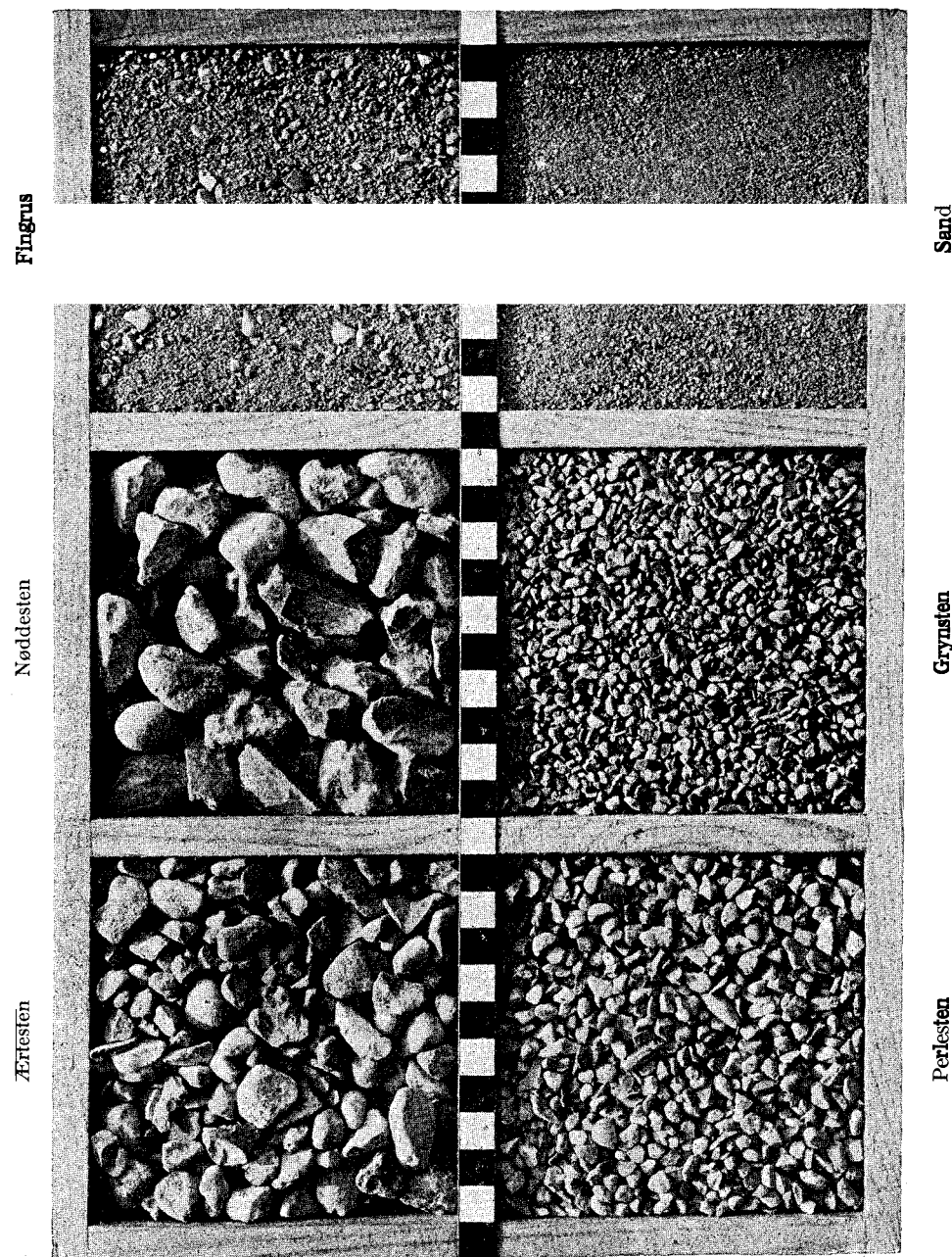


Fig. 854. Sorteret Bakkegrus fra Hedehusene. Halv sand Størrelse.

¹⁾ E. Suenson: Bakkegrus som Betonmateriale (Iizg. 1910, S. 415).

	Vægt i kg/m ³	Tilvækst i		
		løse	sammen-rystede	kg/m ³
Nøddesten (29 mm O—16 mm O)	1380	1510	130	9,4
Ærtesten (16 » O— 5,3 » O)	1400	1560	160	11,4
Perlesten (5,3 » O— 3,3 » O)	1340	1500	160	11,9
Grynsten (3,3 » O— 1,5 » O)	1350	1520	170	12,6
Fingrusi (5,3 » O— 0 » >>)	1630	1830	200	12,3
Sand (1,5 » O— 0 » >>)	1580	1810	230	14,6

Mens de fire første Stoffer, hvis Kornstørrelse er ensartet, omtrent vejer det samme, er Sandet og Fingruset med deres blandede Kornstørrelser langt tungere. Ogsaa for Havsand af forskellig Oprindelse fandtes Litervægten (bestemt med Tragtapparatet Fig. 350,1) og Lejringsstæthed at være uafhængig af den absolutte Kornstørrelse²⁾:

Kornstørrelse	Tilsynel. Vf.	Litervægt	Lejringsstæthed
7,3-5 mm	2,54-2,58	1420-1450	0,56
5-2 »	2,56-2,60	1400-1500	0,55-0,58
2-1½ »	2,58-2,62	1370-1450	0,53-0,55
1½-1 »	2,60-2,63	1400-1470	0,54-0,55
1-½ »	2,62-2,63	1440-1480	0,55-0,57
½-0 »	2,64	1440	0,55

For Bakkesand fandtes Lejringsstætheden voksende med ftagende Kornstørrelse³⁾, som hos staaende Tal viser. Dette skyldes, at i alt Fald delvis er de tre Sandsorter ikke er ligedannede; Kornstørrelsen varierer mindst hos de grove Korn og mes de fine. Vilde man danne Grupper, der var ligedannede med de grove Korn, burde den følgende være 2-0,8 mm, den næste 0,8-0,32 mm o.s.v. Grunden til, at Bakkesand 5/2 mm og 0,5/0 mm lejrer sig henholdsvis mindre og mere tæt end de tilsvarende Havsandsfraktioner, omtales i Forbindelse med Fig. 356.

Man skulde vente, at store Korn paa Grund af Tyngden vil være tættere end smaa men det synes kun at gælde for Skærver og Pulvere. At det gælder for Skærver fremgaar af Værdierne i § 296-7. At det ogsaa gælder for Pulvere viser følgende Forsøg.

For kunstenskornt Flint fandt *Andreasen* følgende omtrentlig angivne Værdier af Lejringsstætheden, er angivet som Sidelinien for en Tærning af Kornets Rumfang:

Kornstørrelse	0,07	0,2 ⁵	0,5	1	2 mm
T ved løs Lejrning.	40	43	44	46	48 %
» efter Sammenrystning	52	54	54	55	55 »
Forhold	1,30	1,25	1,22	1,17	1,14

355. Kuglers Lejringsstæthed. Kugler af ens Størrelse faar den tætteste Lejrning, naar de lægges saaledes, at deres Centrér 4 og 4 anbringes i et regulært Tetraeder med Kuglediameteren som Sidelinien (Fig. 355); Lejringsstætheden er da 0,74 uafhængig af Kuglernes absolutte Størrelse.

Lejringsmaaden Fig. 381 medfører samme Tæthed, saafremt de tilstødende Kuglelag dækker Aabningerne mellem de tegnede Kugler; ligger de nye Kugler derimod lodret over de tegnede, bliver Tætheden kun 0,52. I Virkeligheden vil en Sammenrystning af ligestore Kugler føre til en Lejringsstæthed omtrent midt mellem de nævnte; for 3 mm Hagl fandtes 0,65; se Ing. 1913, S. 426 (Vedel).



Fig. 355. Tætteste Lejrning.

Mellem disse Værdier og de i Naturen forekommende Stenkorns Lejringsstæthed er der liden Forbindelse. Sammenrystede naturlige Stenkorn af ens Størrelse vil paa Grund af deres uregelmæssige Form kunne lejre sig med mindre Tæthed end 0,52 og næppe med større end 0,60.

Hvis man i Fig. 355 vil tilføje mindre Kugler uden at forstyrre de førstes Lejrning, skal de være meget mindre. Er de førstes Diameter D , bliver der Mellemrummene kun Plads til Kugler med $d = 0,225 D$. Er Lejringsmaaden defineret som i Fig. 381, ligger Kuglerne i det næste Lag lodret over Aabningerne mellem de tegnede Kugler, bliver der i Mellemrummene Plads til Kugler med $d = 0,414 D$; om den følgende Kuglestørrelse, der kan rummes i de nye Mellemrum, se Ing. 1913, S. 423 (Vedel).

1) 3,3% Perlesten, 21,7% Grynsten, 75,0% Sand.
 2) *E. Suenson*, Kornstørrelsens Indflydelse paa Mørtelsands Egenskaber (Ing. 1913, S. 230).
 3) *L. Suenson*: Bakkesand som Mørtelmateriale (Ing. 1913, S. 730).

γ. Uenskorrede tørre Stoffers Lejringsstæthed.

356. Diagrammer. Naar 3 Kornstørrelser sammenblandes, kan Blandingsgodsets Egenskaber anskueligt fremstilles indenfor *Feret's* Trekant, som gjort i Fig. 356 for Bakkesands Mellemrumsprocent.

Naturligt Bakkesand blev tørret og sorteret i 3 Kornstørrelser: grove (5-2 mm), middelfine (2-½ mm) og fine (½-0 mm), der atter sammenblandes i 21 forskellige Forhold. Hvert Punkt indenfor den ligesidede Trekant svarer til et bestemt Blandingsforhold, idet Punktets Afstand fra Trekantsiderne angiver Sandets procentvise Vægtmængder af de tre Kornstørrelser. De tre Vinkel-spidser svarer følgelig til de ublandede Korn, og Systemet er valgt saaledes, at

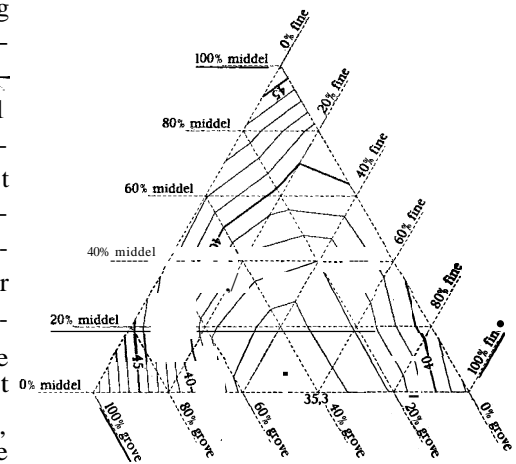


Fig. 356. Bakkesands Mellemrumsprocent. Indfyldningsmaade: Bohme.

højre Spids svarer til de fine Korn, venstre til de grove, og øverste til de middelfine. Den nederste vandrette Linie indeholder alle de Sandsorter, der er fri for middelfine Korn, den næstnederste dem med 20 % middelfine Korn o.s.v. De 21 Sandsorter, der svarer til Liniernes Skæringspunkter, er undersøgte, og ved Interpolation i alle tre Retninger er der indlagt Kurver gennem de Punkter, der svarer til Sandsorter med samme Mellemrumsprocent. Hver 5' Kurve er trukket stærkt op, og dens Værdi er paaskrevet; Tallene er vendt saaledes, at de er læselige for en Person, der staar paa et Højdepunkt og ser ned ad Skrænterne.

De grove, middelfine og fine Korn tilsyneladende Vægtfylde var henholdsvis 2,58 og 2,63 og 2,64. De middelfine Kornes Sammensætning var: 2-1½ mm: 11,1%; 1½-1 mm: 17,3%; 1-½ mm: 71,6%. De fine Korn sorterades paa Traadsigter, hvorved fandtes: 0,5-0,222 mm: 70,2%; 0,222-0,13 mm: 18,7%; 0,13-0,09 mm: 2,6%; 0,09-0 mm: 8,5%.

Se iøvrigt: *E. Suenson*: Bakkesand som Mørtelmateriale (Ing. 1920, S. 729). Ved tilsvarende Forsøg med Havsand fandtes en lidt større Mellemrumsprocent bortset fra de Sandsorter, der udelukkende indeholdt grove og middelfine Korn; for disse var Forholdet det omvendte. Den større Mellemrumsprocent er formentlig en Følge af, at Havsandsfraktionen 0,5/0 mm indeholder mindre Støv end Bakkesandsfraktionen 0,5/0 mm; Undtagelserne skyldes formentlig, at Havsandets grove og middelfine Korn har en ren Overflade, medens Bakkesandets tilsvarende Korn er støvede; de kan dog ogsaa skyldes, at Bakkesandets Korn er mere kantede end Havsandets.

Ganske svarende til Fig. 356 viser Fig. 356,1 Lejringsstætheden for Bakkesand fremstillet af de i § 354 omtalte Materialer. Her er ikke afsat Mellemrumsprocenten, men "Rumvægten ved løs Lejrning i et 20 Liter Maalekar.

Endelig viser Fig. 356,2 Rumvægten for Bakkegrus, nemlig Blandinger af de i § 354 omtalte Stoffer: Nøddesten, Ærtesten og Fingrus.

357. Kornkurveformens Indflydelse. Af de tre Diagrammer fremgaar, at naar et naturligt Grus deles efter Kornstørrelse i tre Fraktioner - de benævnes efter voksende, Finhed *G*, *M* og *F* - der atter sammenblandes i vekslende Forhold, bliver Mellemrumsprocenten, mindst, naar Gruset ingen eller næsten ingen middelfine Korn indeholder, og naar Vægtmængden af fine og grove Korn er omtrent ens. Sidstnævnte Resultat er i Overensstemmelse med Fig. 353.

At Tilsætning af middelfine Korn forringer Lejringsstætheden maa skyldes,

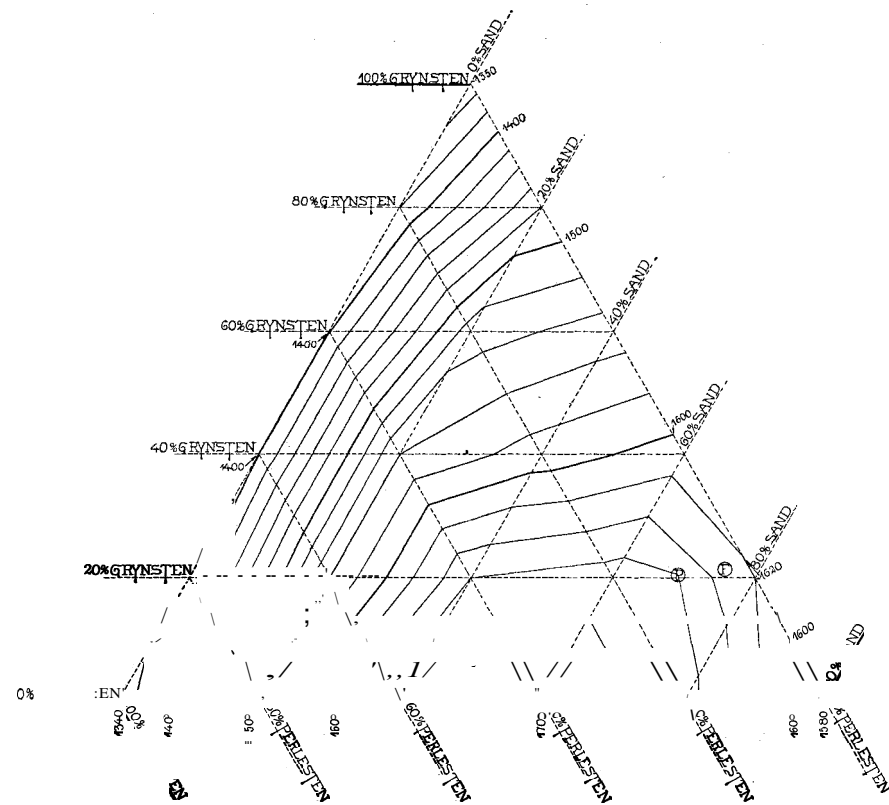


Fig. 356.1. Bakkesands Rumvægt.

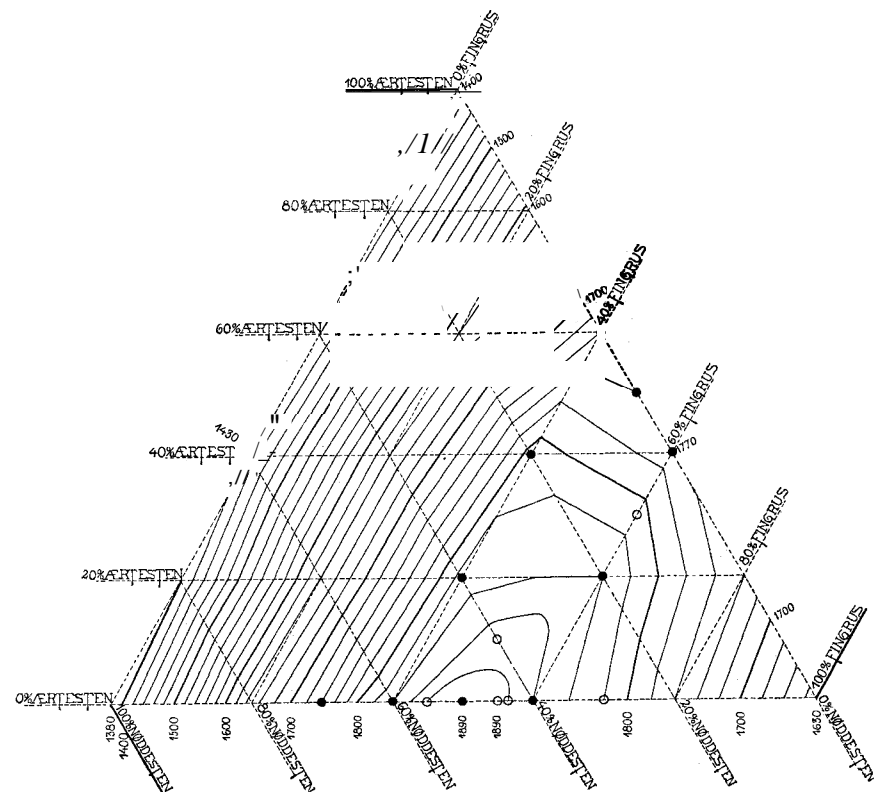


Fig. 356.2. Bakkegrus, Rumvægt.

at en Del af dem er større end de grove Kornes Mellemrum og derfor spreder de grove Korn; det kan ikke være en almindelig Regel, at en Blanding af kun fine og grove Korn er tættere end en Blanding, der ogsaa indeholder Mellemstørrelser; en Blanding af Brosten og Sand vil utvivlsomt blive tættere, naar Sandet indeholder grove Korn, end naar det udelukkende bestaar af fine Korn; i sidste Fald vil ganske vist Sandfugerne mellem Stenene være tyndest, altsaa Stenenes Lejringsstæthed størst, men til Gengæld er de store Mellemrum mellem Stenene udfyldt af mindre tæt Sand end i første Fald.

Det viser sig ogsaa, at Reglen ikke gælder, naar Grus sammenstemples under Vand (§ 361).

Som nævnt i § 336 antages det ofte, at den for Tætheden gunstigste Kornkurve er en 2' Grads Parabel, men dette modbevises af Fig. 356.1. Til Parabelen svarer nemlig Sættningen: 21 % Perlesten+25 % Grynsten+54% Sand, hvis Rumvægt er ca. 50 kg/m³ mindre end den fundne Maksimalværdi. At Forskellen er saa lille, er en Anbefaling for Parabelen, idet man ved at blande efter denne opnaar omtrent den største Tæthed, men samme eller større Tæthed kan opnaas med Blandingsforhold, der afviger stærkt fra Parabelens.

Det tætteste Grus faas altsaa ved Blanding af G og F, men ogsaa ved Blanding af M og F vokser Tætheden, blot ikke saa stærkt; i Grænsefladen mellem F og et G- eller M-Korn har F nemlig en forringet Lejringsstæthed (Fig. 349), og G-Kornene har det mindste Overfladeareal pr. Vægtenhed.

Derimod vokser Tætheden lidet ved Blanding af G og M, fordi M-Kornene er for store til at finde Plads i G-Kornenes naturlige Mellemrum. Først naar man kommer op i Nærheden af det F-Indhold, der giver størst Tæthed, faar Forholdet mellem G og M Betydning.

Den maksimale Kornstørrelse paavirker Tætheden. De naturlige Grus-sorts Kornkurve plejer ikke at have en saadan Form, at de forbliver ligedannede (§ 336), naar de groveste Korn fjernes; Rumvægten plejer at vokse med den maksimale Kornstørrelse. For tørret Bakkegrus, der var sigtet gennem ulige fine Sigter, fandtes hosstaaende Rumvægte ved løs Lejringsstæthed (Fig. 349). Aarsagen er, at der ved Til-sætning af en massiv Sten fortrænges et tilsvarende Rumfang porøst Grus.

Kornstørrelse mm	Vægt kg/m ³
0-1,5	1580
0-3,4	1620
0-5,3	1660
0-16	1750
0-29	1800

Ogsaa af Fig. 356-6,2 fremgaar d_{maks} ' Indflydelse. Rumvægten Maksimalværdi er ens i Fig. 356 og 356,1, fordi Maksimalkornstørrelsen er nogenlunde ens; i Fig. 356,2 er Maksimalrumvægten større, fordi d_{maks} er større:

Fig. 356	$\rho = 1300-1700$ g/l	$T = 50-65\%$	$p = 50-35\%$
» 356,1:	» = 1340-1700 »	» = 51-64 »	» = 49-36 »
» 356,2:	» = 1360-1890 »	» = 51-71 »	» = 49-29 »

Lignende Værdier som i Fig. 356 fandtes for Strandsand, og tages Middeltallene for Strand- og Bakkesand, kan Mellemrumsprocenten udtrykkes ved:

$$p\% = 0,257g + 0,450m + 0,262f + 0,00223g^2 + 0,00167f^2$$

hvor g , m og f er vægtprocenterne af grove, middelfine og fine Korn. Bruges denne Ligning for Strandsandet, bliver Fejlen højst 1,8, bruges den for Bakkesandet, gælder det samme²⁾.

Ved Sammenrystning vokser T des mere, jo mindre den oprindelige Værdi er, men ogsaa Kornkurvens Form og Kornenes absolute Størrelse har Indflydelse paa Væksten. Ogsaa i dette Tilfælde optræder T_{maks} , naar $m = 0$, men ved en anden Værdi af $g:f$ end ved løs Lejringsstæthed. I hvilken Retning Forskydningen sker, afhænger af Kornkurverne for G og F; som Regel er det i Retning af F, men at det ogsaa kan være i Retning af G, viser Fig. 357, der stammer fra A. Poulsen: Zement in Meerwasser S. 6 og viser Mellemrumsprocent for tørt Kystsand fra Thyborøn delt paa Traadsigter i Fraktionerne

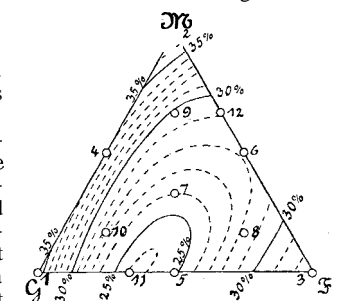


Fig. 357. Kystsand.

1) E. Suenson: Bakkegrus som Betonmateriale (Ing. 1910, S. 415).

2) For Sand af anden Oprindelse kan Fejlen stige til 4; se E. Suenson: Humusholdigt Sand (Ing. 1922, S. 570).

For berlinsk Mursand med forskelligt Vandindhold er fundet følgende Litervægte (kg) (se: *Mitt. aus dem K.M.A.* 1906, S. 299):

Vandindhold i %	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Løst Sand	1,515	1,132	1,130	1,092	1,115	1,172	1,357	1,387	1,500
Sammenrystet Sand	1,762	1,530	1,570	1,583	1,616	1,674	1,762	1,800	1,923
Stigning i %	16	35	39	45	45	43	30	30	28
Middeltal	1,639	1,331	1,350	1,338	1,366	1,423	1,559	1,591	1,712

Ved Sammenstamping med Træstøder af Havsten 15/5 mm og Havsand 5/0 mm med henholdsvis 2,6 og 3,8% Vand fandtes følgende Rumvægte:

<i>Pst</i> : <i>Ps</i>	7,3	4,9	3,5	1,3	0,07
Maalekarrets Størrelse	50	14	14	14	50 l
ρ ved løs Lejring	1552	1610	1605	1565	1401 kg/m ³
» efter Sammenstamping	1630	1896	1923	1890	1628 »
Tilvækst	5	18	20	21	16 %

løvrigt henvises til § 351 og 360.

Blandingsvindet, som jndtræder, naar Korn af uens Størrelse blandes, vokser - ligesom ved tørre Stoffer (§ 358) - med Størrelsesforskellen.

Ved at sammenblende normalt fugtige Materialer taget fra et overdækket Lager paa Christiansborg Byggeplads fandt jeg, at:

0,5 Maal Hav-Ærtestensgrus + 0,5 Maal 5 mm Granitskærver gav 0,94 Maal
0,4 » » » » + 0,6 » Bakkenøddesten » 0,86 »

Nøddestene havde passeret et 30 mm Sold og var af meget ensartet Størrelse. Det meget brugte Betonblandingsforhold 1 Cement : 2 Ærtestensgrus : 3 Nøddesten svarer saaledes til 1 Cement : 4,3 Nøddestensgrus.

360. Lejringstæthed i Leveringstilstanden. Sand, Grus og Sten vil ved Levering paa en Byggeplads indeholde mere eller mindre Vand. Vandmængden afhænger af Vejret og af Kornenes Porøsitet; naar Forholdene i disse Henseender er ens, er Vandmængden større i fint end i groft Materiale (§ 363). I Sand og Ærtestensgrus er der ofte 3-5 % Vand, altsaa den Vandmængde, der plejer at give Minimum af Rumvægt (Fig. 359,1). Regnes med 5 %, giver Tabellen i § 352 sammenhørende Værdier af Rumvægt og Mellemrumsprocent.

For Betonmaaler i Leveringstilstanden er fundet hosstaaende Rumvægte og Tætheder ved løs Lejring i et 50 l Kar. Tallene vokser med Kornstørrelsen. Se ogsaa § 395 og *Jærnbeton* 1931, § 73.

For forskellige Havmaterialer og ulige store Maalekar er de fundne Tal indført i hosstaaende Tabel:

	Maalekar Vand		Vægt i kg/m ³			Tæthed	
	l	%	løst	sammenrystet	Forhold	løst	sammenrystet
Helsingørsand	2	3,7	1100	1364	1,24	0,40	0,50
Havsand	30	3,9	1310	1633	1,25	0,48	0,59
Taarbækgrus	50	6,4	1383	1684	1,22	0,49	0,60
Taarbækgrus ²⁾	50	3,1	1401	1628 ¹⁾	1,16	0,52	0,60 ¹⁾
Havgrus	20	3,5	1343	1684	1,25	0,49	0,61
Køgegrus	50	6,1	1469			0,53	
Ærtesten	30	4,5	1444	1638	1,13	0,52	0,59
» fra Møen ³⁾	50	2,6	1552	1630 ¹⁾	1,05	0,58	0,60 ¹⁾
» » »	50	2,7	1531	1703 ¹⁾	1,11	0,56	0,63 ¹⁾
» » »	20	1,2	1588	1754	1,11	0,59	0,65
Nøddesten	50	1,4	1581	1741 ¹⁾	1,10	0,59	0,65 ¹⁾
» fra Møen	80	0,9	1552	1667 ¹⁾	1,07	0,58	0,62 ¹⁾

¹⁾ sammenstampet i 4 Lag med Træstøder 5 . 8 cm; 30 Stød pr. Lag.

²⁾ indeholdt 6,8% Sten. ³⁾ indeholdt 12,1% Sand.

f. Lejringstæthed:1 Vand.

361. Hvis Vandindholdet forøges ud over Værdierne i Fig. 359,1, stiger Lejringstætheden stærkt.

I *Laboratoriet for Byggeteknik* har vi fundet, at den Lejringstæthed, et givet Grus faar, naar det fyldes i et vandfyldt Maalekar under samtidig Stampning med en Jærnstang, ikke blot er særlig stor, men ogsaa særlig lidt afhængig af Karret og Indfyldningsmaaden. Denne Virkning af Vandet skyldes dels, at Friktionen formindskes og bliver mere konstant, dels at Kornoverfladerne renses for Smaapartikler.

Ved Forsøg med 3 Sorter Havsand og 3 Sorter Hav-Nøddesten fandtes Lejringstætheden at variere meget lidt og at være 0,69-0,71 for Sandet og 0,65-0,66 for Stenene samt 0,80-0,83 for de tætteste Blandinger af de to Materialer. Lejringstæthedens Variation med *Ps* : *Pst* var gennemsnitlig. hosstaaende. Man ser, at *Ps* : *Pst* kan variere

<i>Ps</i> %	<i>Pst</i> %	1 m ³ indgaar			<i>T</i>
		Tørstof kg	Vand kg	Sum kg	
0	100	1725	350	2075	0,65
20	80	1960	260	2220	0,74
30	70	2065	220	2285	0,78
40	60	2120	200	2320	0,80
50	50	2120	200	2320	0,80
60	40	2065	220	2285	0,78
70	30	2015	240	2255	0,76
100	0	1855	300	2155	0,70

stærkt, uden at *T* ændres stærkt. Naar der fremstilledes Beton af disse Grussorter var det ikke det tætteste Grus, men et sandfattigere, der gav størst Styrke.

Hvorledes Rumvægt og Tæthed varierer, naar ulige store Sten sammenblandes, dels indbyrdes, dels

med Sand, og sammenstampes under Vand, fremgaar af hosstaaende Tabel.

Vægtmængde af Korn				1 m ³ indgaar			<i>T</i>
0/5 %	15/10 %	10/15/15/30 %	15/30 %	Tørstof kg	Vand kg	Sum kg	
0	0	0	100	1655	370	2025	0,630
0	25	25	50	1715	355	2070	0,645
0	50	50	0	1640	380	2020	0,620
40	0	0	60	2075	220	2300	0,780
40	15	15	30	2110	195	2305	0,805
40	30	30	0	2005	240	2245	0,760

Af Tabellens næstsidste og trediesidste Linie fremgaar, at Udskydelsen af Mellemstørrelsen 5/15 mm ikke forøger Tætheden, som Tilfældet er ved tørre Stoffer. Naar de 3 sidste Grussorter blandedes med 20 % Cement, blev Betonens efter 28 Døgn henholdsvis 431, 397 og 366 at, altsaa ikke størst for det tætteste Grus, men for det groveste Grus. Grusets Rumvægt er følgelig en upaalidelig Maalestok for dets styrkegivende Egenskaber.

Ogsaa ved Bundfældning i Vand uden Stampning lejrer Sand sig tættere end ved Sammenrystning i tør Tilstand.

Ved tør Sammenrystning fandtes Lejringstæthederne 0,65 for Samsøgrus og 0,55 for Havsand medens begge Stoffer lejrede sig under Vand med $T = 0,68^1$. 1 m³ af saadant vandiejret Sand indeholder altsaa 2650 : 0,68 = 1800 kg tørt Sand. Da 1 m³ fugtigt, løst Sand maalt paa en Byggeplads indeholder ca. 1350 kg tørt Sand, vil den følgelig under Vand synke sammen til ca. $\frac{3}{4}$ m³.

Bundfældningsforsøg udføres i U.S.A. med den i Fig. 345 viste Flaske, i hvilken man først indfylder ca. 100 cm Vand og derefter drysser det lufttørre Sand uden Rystning af Flasken. Er der for lidt Vand til at dække Sandet, efterfyldes. Man fortsætter, indtil baade Sand og Vand er naaet op til 400 cm³ Stregen. Derefter veies Flasken med Indhold, og hvis dette sidste vejer *p* g, og hvis Kornenes tilsyneladende Vægtfylde bestemmes med samme Flaske, som angivet i § 345, er γ , kan Flaskens Vandindhold x bestemmes af Ligningen:

$$P = x \cdot 1 + (400 - x) \cdot \gamma$$

$$\text{hvoraf: } x = \frac{400 \cdot \gamma - P}{\gamma - 1}$$

$$\text{og Mellemrumsprocenten: } p = \frac{400 \cdot \gamma - P}{\gamma - 1} \cdot 100\%$$

1) Ing. 1913, S. 426 (Vedel). For Sand fra Rungsted fandt jeg samme Værdi (§ 359).

overfladetørre Sand. Naar de $P_s + v_g$ vaadt Sand vejes i Vand, gaar Vægten ned til $P_s \cdot \left(1 - \frac{1}{\gamma_s}\right)$, hvor γ_s er den tilsyneladende Vægtfylde af det vandmættede overfladetørre Sand. Naar denne γ_s bestemmes eller skønnes, kendes P_s og dermed P_v ; denne udtrykkes ofte i % af P_s 1).

b. Styrke, Slidfasthed, Frostfasthed.

365. De naturligt aflejrede Stenkorn stammer som Regel fra forskellige Stenarter og er derfor et mindre ensartet Materiale end Skærver.

Styrken overfor Tryk afhænger ikke blot af Materialet, men i lige saa høj Grad af Kornets Størrelse og Form og af Trykkraftens Retning i Forhold til denne (§ 298). Stenkorn til Beton bør ikke have ringere Tærningstyrke end Kitmassen, men den bedste Maade at bedømme dem paa er gennem Betonens Styrke. Stenkorn til Vej- og Jærnbanebygning kan bedømmes som Skærver (§302).

^{1) U.S.A.} bruges enten Los Angeles Tromlen eller Devals Tromle, men i denne fyldes da 6 Kugler, Mage til den andens (A.S.T.M. Standards 1939, S. 1023).

Slidfastheden er af Betydning for Vejmaterialer og kan ligeledes prøves som beskrevet under Skærver (§ 299).

Betons Slidfasthed er i mindre Grad afhængig af Grusets Slidfasthed end af dets Kornstørrelse og af betonteknologiske Forhold, men selvfølgelig bør meget bløde Korn undgaas og meget haarde foretrækkes. Særligt haarde Sandsorter til Brug i Cementmørtelslidlag fremstilles nu ved Knusning af særligt haarde Natursten eller }{unstigt sammensmeltede Stoffer (§ 379).

366. Frostfastheden har Betydning, saavel naar Gruset bruges til Veje og Gange, som naar det bruges til Beton. Kalksten, Sandsten og lys Flint er i saa Henseende tvivlsomme Materialer, og Faren for Frostsprængning vokser med Kornstørrelsen. Havmaterialer er mere frostfaste end Grusgravsmaterialer.

I dansk Grus er det navnlig Kalken, der rummer en Fare, og denne vokser med Kalkens Kornstørrelse. De Kalkkorn, der findes i Ærtestensgrus, er som Regel uskadelige i Beton, mens de, der findes i Nøddesten og navnlig i Smgel, meget ofte er skadelige, i alt Fald, hvis der er mange af dem, og hvis de ligger nær Betonoverfladen.

Kalkmængden i Havmaterialer er som Regel ringere end i Bakkematerialer, men Kalkkvaliteten synes ikke at være bedre i Henhold til Forsøg med Nøddesten foretagne i *Laboratoriet for Byggeteknik*. 24 Kalksten udpillede af Nøddesten fra Hedehusene og 24 udpillede af Nøddesten fra Strøhystrand underkastedes 25 Frysninger, hvorved henholdsvis 3 og 5 Sten sprængtes helt eller delvis.

Naar der af tilsvarende udpillede Kalksten fremstilledes 10 cm Betontærninger 1: 3: 5, viste disse sig ikke frostfaste. De revnede efter 6 Frysninger, senere skete der stærke Afsprængninger, og efter den 25' Frysning var de praktisk talt helt ødelagt. Hvis man forud for Prøvningen bortsløb Slamlaget paa alle 6 Sideflader med Sandpapir, saa Vandet fik lettere Adgang, revnede Tærningerne allerede ved 4' Frysning.

Denne store Forskel mellem Kalkstenenes Forhold ved Frysning i Luft og ved Frysning i Beton skyldes utvivlsomt, at Stenen kan tørre, og Isen træde ud af Porerne i Luften, ikke i Betonen; i denne virker den porøse Sten som en stor Vanddraabe, der trykker paa Betonen, naar den omdannes til Is, og trykker yderligere, naar Isens Temperatur stiger under den senere Opvarmning (§ 92).

1) A.S.T.M. Proceedings 1931, Part I, S. 362 (Dunagan).

En saa ødelæggende Virkning har Kalkstenene kun, naar der er mange af dem. Betontærninger fremstillede af Hedehus-Nøddesten med den almindelige Kalkprocent taalte 25 Frysninger bortset fra enkelte smaa Afskallinger paa Steder, hvor en Kalksten laa lige under Betonoverfladen.

367. Fryseprøver med Sten til Beton bør i Henhold til ovenstaaende udføres med Stenene indstøbt.

Fryseprøver i Luft er sandsynligvis ogsaa for milde for Sten til Vejbygning; disse bør snarere prøves i Vand.

Den almindelige Fryseprøve i Luft kan udføres som beskrevet i § 99. Ved Prøvning af Sand og Grus kan man bestemme Grovhestallet før og efter 25-50 Frysninger. Ved Prøvning af større Korn kan man først bestemme den procentiske Mængde af mistænkeligt udseende Korn og derefter fryseprøve disse og notere, hvor mange der sprænges. Eventuelt kan man undersøge, om de frostprøvede Korn lettere lader sig sønderdele end de ikke frostprøvede.

Fryseprøver i Vand. I *Laboratoriet for Byggeteknik* har vi frosset Kalksten (Singel og Nøddesten) nedsænkede i Vand. Denne Prøve viste sig langt strengere end den sædvanlige; i alt Fald skete Sprængningerne langt hurtigere.

Krystallisationsprøver med Na_2SO_4 eller MgSO_4 (§ 124,2) giver ikke Resultater, der stemmer med Fryseprøver), men kan dog i nogen Grad erstatte disse. Stenkorn, der taaler dem, plejer at være frostfaste, men ogsaa Korn, der ikke taaler dem, kan være brugbare.

Gruset deles ved Sigtning i definerede Kornstørrelser, der anbringes i Beholdere af Sigtedug, hvis Maskevidde er Halvdelen af den mindste Korndiameter, og som sænkes ned i Vædsken. Efter 5 Mætninger ved 21° og Tørringer ved 105-110° bliver Fraktionen udvasket og tørret og sigtet paa samme Sigte som forud; Vægttabet er da et Maal for Ødelæggelsen. Bruges MgSO_4 bør Opløsningen ikke fremstilles af det vandfri Salt, men af Salt indeholdende Krystalvand; desuden bør den indeholde rigeligt opløst Salt og holdes i Bevægelse. Meget fine Korn kan ikke prøves paa denne Vis. Se iøvrigt A.S.T.M. Standards 1939, Part II, S. 985.

c. Skadelige Stoffer.

368. Mineralbestemmelse. De Mineraler, der forekommer i dansk Bakke- og Havgrus, er omtalt i § 312. De ønskes som Regel haarde, frostfaste og kemisk modstandsdygtige, og i disse Henseender er Kvarts bedst. Kalksten omtales i § 369, Sandsten og Flint i § 366, Ler i § 370. Mineralernes Art bestemmes ved at undersøge Kornenes Haardhed, Vægtfylde, Syrefasthed o.s.v. (§ 7-11).

Sortering efter Vægtfylde kan ske ved at fylde Kornene i et Glas med en Vædske, hvis Vægtfylde er større end de tungeste Kornes, saaledes at alle Kornene svømmer ovenpaa. Ved at fortynde Vædsken med Vand kan man efterhaanden forringe Vægtfylden til forskellige, kendte Værdier og hver Gang fjerne de Korn, der bundfælder sig.

Som Vædske kan bruges Kaliumkvægsølvjodid ($\gamma = 3,196$), der kan fortyndes med Vand, men angribes af Metaller, eller Methylenjodid ($\gamma = 3,32$), der kan fortyndes med Benzol, men ikke taaler Dagslys, eller Bromoform ($\gamma = 2,9$). Jærnrige Korn kan udskilles med Magnet.

Gennemsigtige Mineraler kan indenfor visse Grænser bestemmes ved deres Lysbrydningsforhold. Kornene bliver nemlig usynlige, hvis de lægges i en Vædske med samme Brydningsforhold, medens man tydeligt ser dem i en Vædske med stærkt afvigende Brydningsforhold. Man prøver sig da frem med forskellige kendte Vædsker, som dryppes paa Objektglasset, og naar man har fundet den Vædske, i hvilken Kornene forsvinder, kan man i Tabelværker finde en Liste over de Mineraler, der har det paagældende Brydningsforhold.

Foreligger Korn af forskellige Stoffer sammenblandede, er Fremgangsmaaden ofte uanvendelig. F. Eks. varierer Kalkspats Brydningsindeks med Akseretningen fra 1,49 til 1,66, og indenfor disse Grænser ligger ogsaa Kvarts (1,54-1,55) og Gips (1,52-1,53), saaledes at man ikke kan afgøre, om der mellem Kalkspatkornene findes Kvarts- og Gipskorn.

Grus til Beton omtales i § 384. Nogle Stoffer, der i visse Tilfælde kan gøre mere eller mindre Skade, er nævnt nedenfor.

1) I.M. London Kongres 1937, S. 348 (Goldbeck).

Korn, der vokser ved Vandoptagelse eller Forvitring, kan sprænge Betonen; dette gælder visse Basalter (§ 163) og Svolvikis. Organiske Stoffer svulmer i Fugtighed og kan derved sprænge svag Beton. Deres kemiske Virkninger omtales i § 371. Kulpartikler af visse Kulsorter kan ogsaa svulme i Fugtighed.

Skifrede Korn kan forringe Betons Styrke, f. Eks. Korn af Lerskifer og Glimmer. Glimmerskæl kan nedsætte Betonens Vandtæthed og kemiske Modstandsevne, hvis Mængden overstiger 1%.

GIpS. og Anhydrit kan have kemiske Virkninger, der sprænger Betonen (§ 18). Mængden af SO₃ bør ikke overstige 0,4%, hvilket svarer til ca. 0,7% CaSO₄. Forvitret Feldspat menes under specielle Forhold at kunne gøre Skade i Cementmørtel ved at danne Laumonit - et Zeolitinmineral - der kan falde hen i Luften. Om Feldspat iøvrigt se § 371, 377 og 379. Jærnökter kan baade virke som Ler (§ 370) og have en uheldig Indvirkning paa Cementens Hærdning.

Opløselige Salte i Mørtel- og Betonsand kan medføre skæmmende Udslag og bør derfor ikke forekomme i Sand til Kunststeli; de kan fjernes ved Vadsugning (§ 313) og i nogen Grad ved at sprede Sandet ud i et tyndt Lag, saa Regnen kan sive igennem det. Undertiden kan Saltene ogsaa forsinke Cementens Hærdning eller gøre Mørtlen hygroskopisk. Kogsalt kan gøre Nytte ved at hindre Sandet i at klumpe i Frostvejr.

I Sand fra Øresund og Kattegat fandtes ca. 0,7% vandopløselige Salte, men i Sand gravet paa Stranden kan Koncentrationen være større (§ 377). Af Havvandets Salte udgør NaCl ca. 80%.

Opløselig Kiseltsyre forekommer i det meste Sand, og Mængden har Betydning, hvis man skal bestemme hærdnet Mørtels Cementindhold. Ved Undersøgelse af Hav- og Bakkensand har *Statsprøveanstalten* fundet, at den i fortyndet Saltsyre opløselige Kiseltsyremængde var 0,6-2,7%, og at den overvejende fandtes i Kalkkornene, idet disse indeholdt 8% opløselig og 32% uopløselig Kiseltsyre (Aarsberetning 1930-31).

369. Kalkindholdet kan undersøges ved at behandle Gruset med fortyndet Saltsyre og bestemme Vægttabet. Kalk nedsætter Syrefastheden og hyppigst ogsaa Frostfastheden. Kalkholdigt Gangstigrus findeles hurtigere end kalkfrit.

Kalkrigt Sand kan give Cementmørtel en større Begyndelsesstyrke end kvartsrigt, men Forskellen forsvinder under den videre Hærdning¹⁾. I Puds kan det have Fordele (§ 378-9).

Sugende Kalksten forøger Betons Træk- og Bøjningsstyrke (*Jærnbeton* 1931, § 220), og efter nogle Forsøg²⁾ at dømme forringer de i højere Grad end Granit Betonens Svind ved Udtørring og dens Svulmning ved Vædning og dens Rumfangsændringer ved Temperaturvariationer. Kalksten giver en mere brandsikker Beton end Kvarts.

De danske 8akkematerialer indeholder større eller mindre Mængder Kalksten, der ikke er frostfaste, og som derfor kan gøre Skade ved mange Anvendelser.

Fig. 369 viser Sand fra Hedehusene før og efter Saltsyrebehandling (10% HCl). Vægttabet udgjorde 17,1% af det vandfri Sands Vægt. Nøddesten og Singel fra Hedehusene plejer at indeholde henholdsvis ca. 15 og ca. 12 Vægtprocent Kalk. De kalkrigeste Aflejringer stammer formentlig fra Gletschere kommende fra Syd eller Sydøst.

Ved Bygningen af Palacehotellet undersøgte Betongruset, der var fra Farum Grusgrav. Af det tørrede Grus blev 51 Vægtprocent liggende paa en Traadsligte med ca. 1 mm Maskevidde, mens 49% gik igennem. Det grove Materiale indeholdt 22,5% i Saltsyre opløselige Stoffer, det fine 11,6%; hele Grusprøven indeholdt saaledes 17,2% opløselige Stoffer.

De danske Havmaterialer bestaar næsten udelukkende af Kvarts og lignende holdbare Mineraler. Kalk forekommer saa godt som ikke blandt Stenene³⁾, og ogsaa Sandet plejer at være kalkfrit bortset fra enkelte Dyreskaller; i visse Sandsorter er Kalkprocenten dog ikke ubetydelig.

Kalkfrit er Samsgrus, Aarhusgrus, Møengrus samt Sand fra Ellekildehage. Kalkholdigt er Taarbækgrus; i et enkelt Tilfælde fandt jeg 11,9% Kalk. Se ogsaa *Jærnbeton* 1931, § 107.

370. Lerindhold. Ler er i denne Forbindelse et Størrelsesbegreb; alle Par-

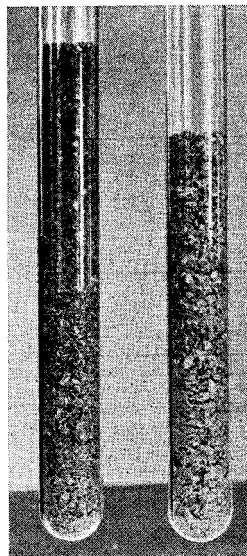


Fig. 369. Sand før og efter Saltsyrebehandling.

1) E.M.P.A. Diskussionsbericht 7, Ztirich 1925 (M. Ros).

2) B. u. E. 1933, S. 120 (Graf) og Am. Coner. Inst. J. 1934, S. 209 (Troxell).

3) I Ærtesten fra Møen fandt jeg 2,0% Kalk, i Nøddesten fra Strøby Strand 0,17%.

tikler, der ikke bundfælder sig i Løbet af faa Sekunder, kaldes Ler uanset deres kemiske Sammensætning.

Undertiden trækkes Grænsen mellem Ler og Sand ved en Bundfældningstid af 15 sec, undertiden ved Kornstørrelsen 0,01 mm eller 0,002 mm. Er $d < 0,002$ mm kaldes Leret kolloidalt. Se iøvrigt § 311. Jydsk Bakkensand plejer at indeholde 10-12% Fe₂O₃+Al₂O₃, undertiden 15%.

Grus til Vejbelægning skal helst indeholde noget Ler, da dette virker gavnligt sammenbindende (§ 392).

Lerbeton, der bruges til Vejbelægning i Mangel af bituminøse Bindemidler, fremstilles af Grus 10/0-18/0 mm med egnet Kornkurve og med et stort Indhold af meget fint Ler. Ved Brug af Grus 10/0 mm kan et 3 cm tykt Lag paatromles en gammel Vej.

Leret i Vejen skal bevare en passende plastisk Konsistens; det maa ikke oplødes og ikke blive saa tørt, at det støver. Derfor tilsættes ofte Sulfitud, der dels modvirker Opblødning og dels virker sammenbindende, naar Leret tørrer, saa Vejen støver mindre. Dette sidste kan ogsaa opnaas ved Tilsætning af et vandsugende Stof (CaCl₂). Iøvrigt afhænger Vejens Holdbarhed af Grusets Kornkurve og Art - Skærvegrus er bedst - og af Lerets Kornkurve - mindst Halvdelen af Leret bør være mindre end 0,002 mm - og Oprindelse. Se iøvrigt Dansk Vejtidskrift, Marts 1942 (*Ingvar Pedersen*).

De jydsk Skærvefabriker sælger fabriksblandet Lerbeton indeholdende lidt Klorkalcium, der holder den passende fugtig. Viaton fra A/S Jens Villadsens Fabriker er en Lerslam med ca. 28% Ler; ved Brugen blandes 82-85% Grus med 18-15% Slam. Denne kan ogsaa bruges som Erstatning for Asfalt-emulsion ved Overfladebehandling af Vejmakadam og som Erstatning for Vand ved Fremstilling af Lermakadam, idet Vandingen foretages med fortyndet Slam. Kollo-Ler fra Fabriken Pankas er et lignende Produkt.

Grus til Mørtel og Beton ønskes som Regellerfrit. I alt Fald bør man ikke bruge Grus, hvis Korn er overtrukne med en Lerhinde, der isolerer Kornet fra Kalken eller Cementen. Lerpulver gør mindre Skade og kan endog gøre Gavn i magre Mørtler ved at gøre disse tættere og dermed stærkere, men Svindet forøges, og der er Grund til at tro, at Vejrfastheden forringes.

Se om Ler i Kalkmørtel § 375, 378; i Beton § 384, 388, 390 samt *Jærnbeton* 1931, § 106.

Grus til bituminøse Mørtler maa ikke indeholde kolloidalt Ler, men gerne fint Stenmel (Filler).

Lerindholdets Bestemmelse. Er der Ler i Gruset, kan det direkte ses, og Leret smitter af paa Fingrene., Mængden af det kan bedømmes ved en Slæmmeprøve i et Maaleglas, men en nøjagtig Bestemmelse kræver Vejning. I Sand 5/0 mm til Mørtel og Beton tolereres oftest 3-5 Vægtprocent Ler, men ved vigtige Arbejder er man strengere og tolererer maaske kun ½% Lerprocenten bør være mindre for Grus end for Sand, da Leret overvejende findes i dette. Hvis man ved Slæmmeprøven finder, at Lerlagets Højde udgør $p\%$ af den totale Højde vil Lermængden udtrykt i Vægtprocent ofte ligge mellem p og ½ p .

En nøjagtig Lerbestemmelse udføres i U.S.A. paa følgende Vis: Sandet tørres ved 100-110°, hvorefter 500 g fyldes i en cylindrisk Glasskaal med ca. 25 cm Diameter og mindst 10 cm høj. Der paa fyldes ca. 225 cms Vand, og Skaalen rystes stærkt i 15 sec; henstilles i 15 sec, hvorpaa Vandet tømmes af saa forsigtigt, at, der intet Sand følger med. Behandlingen gentages, indtil Vandet forbliver klart. Det opsamlende Vadskevand hældes for en Sikkerheds Skyld gennem en Sigte med 0,074 mm Maskevidde, og Sigteresten overføres til Sandet, der derefter tørres og vejes. Vægttabet udtrykt i % af den oprindelige Tørvægt er da lig Lerprocenten. Til Kontrol kan Vadskevandet inddampes, og Inddampningsresten vejes. Paa tilsvarende Maade bestemmes Lerindholdet i Harpesten. Ved den beskrevne Fremgangsmaade kan man dog næppe antage, at alle kolloidale Lerpartikler fjernes; dertil kræves, at Sandet koges, inden Slæmningen foretages. Angaaende Undersøgelse for Lerklumper se A.S.T.M. Standards 1939, Part II, S. 291.

371. Humusindhold. Grus, der graves lige under Mulden (§ 313) eller nær Moser og Aær, kan indeholde Humussyre, der gør stor Skade i Cementmørtel. Alt Grus med brunligt Overtræk bør undersøges inden Brugen, hvis man ikke har Erfaring for dets Godhed, men ogsaa Grus uden saadant Overtræk kan indeholde Humussyre. Det er navnlig farligt at bruge saadant Grus i magre Mørtler, da disse ikke taaler en delvis Ødelæggelse af den i Forvejen sparsomme Cementmængde. Baade Styrke og Frostfasthed nedsættes.

Bornholmsk Feldspatgrus (§ 157) kan indeholde indtil 1,5% Humussyre og maa derfor vadskes,

inden det bruges til Cementfliser. Undertiden lader dog kun en Del af de skadelige Stoffer sig bortvadske.

Den almindelige Prøve for Humussyre er omtalt i *Jærnbeton* 1931, § 101-2 og *A.S.T.M. Standards* 1939, Part II, S. 295. Den kan udføres ved blot at hælde Natronluden paa Gruset og se, om den bliver brun. Prøven er kun orienterende; Kulpartikler kan farve Vædsken meget mørk uden at være skadelige, og Kalkpartikler kan hindre, at Vædsken bliver mørk. Styrkeforsøg er derfor at foretrække.

d. Forskelligt.

372. Adhæsionen til bituminøse Stoffer spiller en Rolle ved Stenenes Anvendelse til Asfalt og Tjærebeton. Den er oftest større hos Kalksten og Diabas end hos Granit. Den prøves ved at blande de lufttørre Sten med saa megen Bitumen, at de faar en helt dækkende Bitumenhinde, der ikke er tykkere end nødvendigt, og derpaa lægge dem i koldt Vand. Dette vil da trænge ind i Hindens Porer og, hvis Adhæsionen er daarlig, brede sig langs Stenoverfladen, saa Hinden skydes af, helt eller pletvis. Undertiden sker saadanne Blottelser allerede i Løbet af en Time. Hvis der intet sker i Løbet af et Døgn, kan man bruge *Riedels Kogeproeve*, der er strengere. Stenene knuses og sigtes, saa man faar Korn af Størrelsen 0,2-0,6 mm, og disse blandes med saa meget af Bindemidlet, at Massen kommer til at bestaa af 71 Rumfangsprocent Korn og 29 Rumfangsprocent Bindemiddel, hvorefter! g af denne Masse koges 1 Minut i Reagensglas med Vand. Hvis Bindemidlet ikke løser sig ved Kogningen, udtages nye Prøver, der koges i Sodaopløsninger, den I' i en svag Opløsning, den næste i en stærkere o.s.v., indtil der viser sig en Virkning. Meningerne om Riedels Prøves Egnethed er dog delte.

En mere umiddelbar Bedømmelse faar man ved at fremstille Trykprøvelegemer af Massen og prøve deres Styrke dels i tør Tilstand dels efter Vandmætning i Vakuum. Er Adhæsionen god, vil sidstnævnte Behandling ikke nedsætte Styrken væsentligt.

Høje Temperaturer skader nogle Mineraler - navnlig Kvarts - mere end andre. De forholdsvist lave Temperaturer som Naturstenene udsættes for ved Fremstilling af Asfalt- og Tjæreveje menes ikke at virke svækkende paa dem (§ 51).

Varmeisoleringssevne. Kornhobe er gode Varmeisolatorer i høje Temperaturer. λ er ofte lavere end for et sammenhængende Stof med samme Porøsitet. Paa Grund af Straalingen (§ 46) vokser λ hurtigere med Temperaturen, naar Kornene er store, end naar de er smaa. Til Isolering mod høje Temperaturer bør man derfor bruge finkornede Stoffer. Iøvrigt vokser Isoleringsevnen med Kornenes Porøsitet - derfor foretrakkes Bims (§ 171) og Slagger - og Tørhed; naar Vandindholdet vokser fra 0 til 7%, kan λ vokse fra 0,3 til 1,0. Se *Byggematerialer* II, 1922, § 476 og 481.

Lydisoleringsevnen er et flertydigt Begreb. Naar Luftlyd træffer en fri Grusoverflade, vil en Del af Lyden reflekteres, en Del absorberes, og en Del muligvis gaa helt igennem Gruslaget og ud igennem dets anden Overflade. Lydgennemgangen er mindst, naar enten Mellemrummene er vandfyldte, eller Mellemrumspcenten er lille og Porerne fine. Absorbtionen er størst, naar Gruset er tørt, Mellemrumspcenten stor og Porerne fine.

Naar et Gruslag indlægges i et Gulv under Slidlaget for at hindre Gennemgang af Trinlyd, maa det ikke indeholde store Korn, der kan danne Lydbroer; her er tørt, fint Sand bedst.

Om Sprøjteasbest og Moler se § 225-26 og § 228. Se iøvrigt *Byggematerialer* II, 1922, § 180, 510, 519, 522 samt *E. Suenson*: Lydisolering, Kbhvn. 1934.

C. Krav ved besteldte Anvendelser.

I. Leveringsbetingelser.

373. I Leveringsbetingelser for Sand, Grus og Sten vil det oftest være hensigtsmæssigt at specificere følgende Egenskaber i mer eller mindre høj Grad:

(1) Den øvre og nedre Grænse for Kornstørrelsen med en passende Tolerance saavel opefter, da Sigtehullerne bliver større ved Slid, som nedefter, da de brugte Sigtemaader ikke muliggør en fuldkommen Rensigtning. Man kan passende tillade, at 5 Vægtprocent af Kornene er mindre end forlangt, og at 10% er indtil 30% større. Ved Modtagelsen foretages en Sigteprøve med en Vægtmængde, der mindst bør være 50 Gange det største Korns Vægt.

(2) En fuldkomnere Definition af Varen faar man ved at opgive to Kornkurver, mellem hvilke den skal ligge, eller et største og mindste Grovhestal (§ 383).

(3) Mineralernes Art eller deres fysiske og kemiske Egenskaber f. Eks. Styrke, Vejrfasthed, Frostfasthed, Syrefasthed.

1) *Meddelelser fra Vejlaboratoriet* Nr. 11, S. 103; Nr. 12, S. 74 og 100.

(4) Den tilladelige Mængde af fremmede Stoffer som Lerklumper, Muldjord, Plantedele (Halm, Træsplinter, Tang) og Dyreskaller (Sneglehuse, Muslinge-skaller). Vil man ikke være strengere end nødvendigt, kan man skrive, at saadanne Stoffer ikke maa forekomme i skadelig Mængde.

(5) Det tilladelige Lerindhold.

(6) Skal Materialerne bruges sammen med Cement, bør de være fri for Humus.

Da Leveringen af store Partier som Regel strækker sig over lang Tid, bør Handelen afsluttes paa Grundlag af en Prøve, som opbevares, indtil Leveringen er afsluttet. Angaaende Leveringsmaaden henvises til § 395.

I det følgende omtales de Egenskaber, man navnlig bør lægge Vægt paa ved visse Anvendelser.

2. Sand til Kalkmørtel.

a. Sand' til Muring.

374. De største Korn bør være saa store, som Mørtlens Brug tillader, thi store Korn forringer Kalkbehovet og Mørtlens Svind. Den tilladelige Størrelse bestemmes af Fugetykkelsen; er denne normal, og er Murstenene regelmæssige, vil 5 mm være passende. Er der større Korn i Sandet, lader man dette passere en Traadsigte med 5 mm Maskevidde. Er Stenene haandstrøgne og derfor noget uregelmæssige, maa man enten forøge Fugetykkelsen til 1,5 cm - hvilket forringer Murværkets Styrke - eller bruge finere Sand - hvilket forøger Mørtlens Svind. Selvom Fugetykkelsen er normal, foretrækker Murerne Sand 3/0 eller 2/0 mm, da Mørtlen derved bliver mere bekvem at arbejde med. Endnu langt finere er det Sand, de københavnske Mørtelværker bruger; det er Havsand taget paa Disken syd for Helsingør, og Kornstørrelsen er kun 0,5/0 mm, højst 5% af Kornene har Størrelsen 1/0,5 mm o. Saa fint Sand kræver meget Vand, og dette udskiller sig i Mørtelbaljerne, hvorfor Mørtlen oftere maa røres op end en Mørtel af grovere Sand.

375. De mindste Korn maa gerne være støvfine, thi Mørtlen bliver da plastisk med et mindre Kalkindhold, og Plasticitet er nødvendig af Hensyn til Murearbejdet. Det er ogsaa af Betydning, at Mørtlens kapillære Kræfter er store, saa Vandet ikke saa hurtigt suges over i Teglstenene, at Mørtlen mister Plasticiteten, inden Stenen er kommet i det rette Leje, og dette hindres ved et stort Indhold af Kalk + Støv.

Frederiksholms Teglværker fremstillede tidligere en graa Kalkmørtel af lerholdigt Sand fra Lerslæmmeværkerne; den var udmærket bekvem at arbejde med baade ved Muring og Pudsning, da Leret gjorde den plastisk, selvom Kalkindholdet var ringe, men den opnaede kun en meget lille Styrke. Leret i Bakkesand har en tilsvarende Virkning; 1 Maal Skælsand (§ 399) regnes undertiden at kræve 40% mere Kalk end 1 Maal Bakkensand, naar Plasticiteten skal være ens. Af Hensyn til Styrken begrænser man dog ofte Lerindholdet til 5%.

En Tilsætning af Stenmel forøger ikke blot Mørtlens Plasticitet, men ogsaa dens Styrke. Trykstyrken kan forøges med op imod 50%, naar 1/3 af Sandet erstattes med GranitmeP). Plasticitetens Forøgelse er paavist af *Anderegg*, der søgte at fremstille en Mørtel, der var saavel smidigere som stærkere end almindelig Kalkmørtel; han anbefaler navnlig en Mørtel af 1 kg Ca(OH)₂+1 kg Stenmel+2 kg Portlandcement, hvortil kommer almindeligt Sand som ellers.

376. Kornkurve. Enskornet groft Sand er uegnet, dels fordi det kræver store Kalkmængder for at give en smidig Mørtel, dels fordi Kalken i Sandets store

1) *Kreitzer*: Om murbruk och tegelmurverk, S. 22.

Mellemrum faar Svindrevner og ikke hærdner ordentligt (*Byggematerialer IV § 1190*). Kalkmørtel af Normalsand bliver kun halvt saa stærk som Kalkmørtel af almindeligt Mursand I). Er Kornstørrelsen ensartet, vil middelfine ener endog fine Korn være at foretrække for grove.

Under normale Forhold kan Sand 5/0 mm med en 2' Grad P b l Kor kurve ven es at v lne give en smidig og stærk Mørtel uden Brug af meget Bndemiddel. For Sand 3/0 mm foreskrives undertiden $\frac{1}{2}$ mm som »Middeldiameter«. b Formen af Kurvens nederste Del er utvivlsomt den betydningsfuldeste. Selv ortset fra Økonomien er der Grænser for, i hvilken Grad Sandets fine Korn kan erstattes med Kalk. Baade Plasticiteten og Styrken forbedres, naar der er en Jævn Overgang mellem de fine Kalkpartikler og de store Sandskorn Sandet bør derfor have et betydeligt Indhold af Korn 0,3/0,1 mm.

377. Mineralernes Art spiller ingen stor Rolle. Rent Kvantssand er udmærket, men ogsaa Sand, der indeholder andre Mineraler, f. Eks. Kalk, er godt naar blot Kornene har den fornødne Styrke og Vejrfasthed. Vulkansk Sand og Slaggesand er udmærket til Kalkmørtel, da det indeholder opløselig Kiseltsyre, som forbinder sig med Kalken, hvorved Mørtlen faar hydrauliske Egenskaber. Feldspat i Sandet kan med Gips i Kalken eller i S d t d Alk. Gipsen kan ogsaa vandre ud som Gips. an e anne ahsulfater, som blomstrer ud.

Skarpe Korn er at foretrække for afrundede.

I Valget mellem Havsand og Bakkesand vil man som Regel kun lade sig lede af Prisen, skønt Bakkesandet oftest er det bedste, saafremt det er frit for Humussyre og Ikke for lerrigt. Styrketal findes i § 399.

Havsandet indeholder opløselige Salte (§ 368), der hæmmer Murværkets Udtørring og forårsager Udblomstringer. Udtørringens Hæmning skyldes Kogsaltet, der selv er vandsugende, og som forbinder sig med Kalken til det endnu mere vandsugende Calciumklorid ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). De udblomstrende Salte kan være Havvandets Magniumsulfat eller den af dette og Kalken dannede Gips, eller Soda (Natriumkarbonat), som dannes i Murværket, naar Luftens Kulsyre paa Virker Kogsaltet; ogsaa i Mørtel af Bakkesand udsat for saltholdig Havluft træffer man. Kogsalt og Soda; muligvis stammer Saltene dog slet ikke fra Havsandet, men f. Eks. fra Murstenene, hvis Udtørring hindres af de hygroskopiske Stoffer, saa der længe er Betingelser for Udblomstringer

Havsaltene i Sand gravet paa Stranden, h Sted, kan gøre hærdnet Kalkmørtel hygroskopisk. Puds, der var fremstillet af saadant Sand, undersøgt i Laboratoriet for Byggeteknik. Dens Vægtstigning i van mættet Luft i Løbet af 55 Døgn udgjorde 23,4% af Mørtlens Tørvægt, medens Mørtel af almindeligt Sand kun viste en Vægtstigning paa 3,7%. der ikke øgedes efter det 35' Døgn. Vægten af rent Kogsalt steg 1100% i 100 Døgn, og Stigningen fortsattes. Naar Sandet um es op frab Havbunden, kan det uden saadanne Ulemper bruges til almindelig Mørtel og Beton PI KPb ø havn ruges næsten udelukkende Havsand (§ 398-9).

Bakkesand er mest brugt paa Landet. Det skal være frit for Humus og maa ikke indeholde store Lermængder. Leret hjælper ganske vist til at holde paa Vandet, hvilket er en Fordel, hvis Murstenene, suger stærkt, og Mørtlen er mager, men Leret fornnger Mørtlens Styrke. Nogle Sorter omtales i § 400-1.

b. Sand til Pudsning og Fugning.

378. Kornstørrelse. Mørtel til Pudsning og Fugning bør have følgende Egenskaber: (1) stor Plasticitet, (2) stor Adhæsion til Underlaget, (3) stor Trækstyrke, (4) ringe SVind, (5) ringe Varmeudvidelse.

¹⁾ Burchartz: Luftkalke und Luftkalkmörtel, S. 108.

²⁾ ogsaa Havvandets MgCl_2 danner CaCl_2 .

Af Hensyn til (1), (2) og (3) maa Kalkindholdet være passende stort, og til Stabilisering af Kalkslammen kræves en passende Mængde fint Sand, bedst 0,3/0,1 mm, ikke saa gerne lerrigt af Hensyn til (3) og (4). Men den øvrige Del af Sandet bør være groft, for at Mørtlen ikke skal faa Svindrevner, og man bør derfor ikke begrænse d_{maks} mere, end Arbejdets Karakter kræver.

Facadepuds er mest krævende, hvad Sandkvalitet angaar. Den bør paaføres i tynde Lag (6—8 mm), og Lagenes Antal vil derfor normalt blive 2-4; tillnderlagene bør bruges Sand 5/0 mm, til Yderlaget kan man eventuelt gaa ned til 3,5/0 mm. Mængden af støvfine Partikler (Ler) maa højst udgøre 3 Vægtprocent.

Til Puds paa andet Materiale end Tegl samt paa Tegl, der er særlig udsat for Vej og Vind, foreskriver Gøteborg Byggnadsnævn Blandingsforholdet 1 KM 1:3 + 1 CM 1:2½ efter Maal. Til Puds paa mindre udsatte Teglfacader kall Cementmørtlen udelades helt eller delvis. For Sandets Kornstørrelse foreskrives følgende Grænser. Meget nær samme Kurve har Grus fra Rungsted (§ 398).

Maskevidde	0,15	0,30	0,59	1,17	2,36	4,70	5,60 mm
Gennemgang	2-6	16-23	38-46	66-73	87-92	98-100	100 %

I Stænkpuds kan d_{maks} være større end i almindelig Puds.

Undertiden kan man se Facadepuds udført i Kalkmørtel med Grus 10/0 mm og med en ujævn Overflade, der kan se godt ud, og som medfører, at lokale Svindrevner ikke bemærkes, selvom Vidden er indtil 1,5 mm.

At grovkornet Puds er holdbarere end finkornet skyldes ikke blot det ringere Svind, men at den i det hele taget bevarer sit Rumfang i højere Grad, naar Fugtighedsgraden ændres; desuden medfører dens ujævne Overflade, at den tørrer hurtigere efter Regn, og at der ved Omslag i Vejret fortætter sig mindre Vand paa den, fordi den hurtigere antager Luftens Temperatur. Se ogsaa § 29 og 37.

Indendørs Kalkpuds kræver ikke saa groft Sand som Facadepuds, og for dels at lette Arbejdet, dels at kunne bruge tyndere Lag, anvendes ofte finere Sand. Til Grovpuds foreskrives undertiden Sand 2/0 mm med »Middeldiameter« 0,3 mm. Sand til Finpuds maa være helt fint - 0,5/0 mm - for at Qverfiaden kan blive glat.

A.S.T.M.'s Krav til Sand i Kalk- og Gipsmørtel til indendørs Grovpuds (*Standards 1939, S. 44*) er meget liberale:

Største Sigterest	10	80	95	100 %	
Maskernes Lysvidde	4,76	2,38	0,59	0,30	0,15 mm
Største Gennemgang	100	100	85	30	5 %

Lerindholdet maa ikke overstige 5%.

For **Mineralernes Art** gælder det i § 377 anførte, bortset fra at Vejrfasthed ikke er nødvendig hos Sand til indendørs Puds. Angaaende **Havsand og Bakkesand** kan ligeledes henvises til § 377; ved at blande dem sammen kan man variere Pudsens Farvetone.

Varmeudvidelsen skal helst være mindre end Murværkets, for at Pudsens ikke skal bule ud i Sol og revne i Frost. Den synes at være uafhængig af Blandingsforholdet, naar dette varierer fra 1:2 til 1:7, men stærkt afhængig af Sandsorten. Mørtler af Kvantssand udvider sig ca. 0,8 mm pr. 100 m pr. Grad, medens man ved Brug af visse Sorter Kalksand kan komme ned paa ca. 0,5 mm, som er den Værdi, man hyppigst træffer for Teglstens-Murværk (*Siedler: Bauforschungen Bd. 1, Berlin 1933*).

Sand til Fugning bør have samme Egenskaber som Sand til Facadepuds, altsaa være passende groft, hvilket ikke altid overholdes. Fugemørtler til Københavnske Huse fremstilles hyppigst af Mørtelværkernes almindelige Muremørtel, som i Baljerne faar en Tilsætning af Kalk og saakaldt Skælsand (§ 399) samt undertiden, lidt Cement og altsaa bliver meget finkornet. Skal Fugerne have en grovere Karakter bruges i København undertiden fint Bakkegrus, der sælges under Navnet Fingrus eller finharpet Grus og fremstilles af Perlestensgrus ved at lade dette, passere en Sigte med kvadratiske Masker af 6 mm Lysvidde. Det bruges navnlig til Fugning af røde Teglsten af Hensyn til Farveharmonien.

3. Sand til Cementmørtel.

379. Sand til Muring, Pudsning og Fugning bør have de samme Egenskaber, enten Bindemidlet er Cement eller Kalk, kun bør man ved Brug af Cement lægge endnu større Vægt paa, at Sandet ikke er finere, end Hensynet til Mørtlens Smidighed kræver, dels fordi Cementpuds lettere end Kalkpuds faar synlige Svindrevner, dels fordi Cementmørtels Styrke ikke i samme Grad som Kalkmørtels kræver, at Sandet er rigt paa fine Korn og har en stærkt varierende Kornstørrelse.

Da Havsand ikke indeholder væsentlige Mængder meget fine Korn, foretrakkes det ofte for Bakkesand. Meget brugt er Skælsand (§ 399), skønt Kornstørrelsen som Regel ikke overstiger 1 mm, kun undtagelsesvis naas 3^{lmm}. Naar dette Sand foretrakkes fremfor et grovere, er det formentlig, fordi man ved Arbejdets Udførelse har større Besvær med et Sand, der er for groft, end med et, der er for fint. I alle andre Henseender er Sand 5/0 mm at foretrække ved de nævnte Anvendelser; kun ved Glitpudsning maa Kornstørrelsen i Pudsens Yderlag nedsættes til 2/0 mm.

Stenpuds (Pebble-Dashing), som man ofte ser anvendt i England og U.S.A., fremstilles ved at indpresse Nøddesten i den friske Pudsoverflade.

Porfyrit, Mineralit m. fl. er Sandsorter, der bruges til »Ædelpuds«, ofte i Forbindelse med hvid Portlandcement. De fleste fremstilles ved Knusning af en Natursten med stærk Farve, undertiden hvid.

Varmeudvidelsen er større for Cementpuds end for Kalkpuds og stærkt voksende med Cementindholdet. Derimod synes Sandkvalitetens Indflydelse at være ens; for $P_c : P_s = 1:5$ fandtes Varmeudvidelsen at være ca. 0,9 mm pr. 100 m pr. Grad ved Brug af Kvarssand og kun ca. 0,5 mm ved Brug af Kalksand (§ 378).

Sand' til slidfast Cementmørtel skal have store Korn, der ikke rives ud af Mørtlen; derfor bruges ofte smaa Granitskærver eller bornholmsk Feldspatgrus. Hvis de almindelige Mineraler ikke er haarde nok, bruges udsøgt haarde Mineraler eller Kunststoffer som Karborundum (*Jærnbeton* 1931, § 776).

Aloxite og Sicto er Karborundum (§ 238). Sand til **Diamantbeton** er en Blanding af Karborundum og et haardt Mineral. **Duromit** er ogsaa et Blandingsprodukt. De bedste Varer af denne Art indeholder mindst 20 Vægtprocent Korund eller Karborundum og højst 20% Korn <1 mm. **Jærnkorn** kan være fordelagtigere end Mineraler, fordi de i mindre Grad knuses end deformeres, men til Gengæld rustes de. Knust graat og hvidt Støbejern bruges til henholdsvis **Staalbeton** og **Stelconbeton**.

Da disse Stoffer er dyre, bruges de kun som Tilsætning til almindeligt Sand. Naar de tilsættes i passende Mængde, kan Mørtlens Slidfasthed prøvet paa Bohmes Skive (§ 59) komme op paa 60% af Granits.

Til **vandtæt Puds** er følgende Sand velegnet:

Maskevidde	3,33	0,71	0,35	0,21 mm
Rest mellem to Sigter	33 ¹ / ₃	33 ¹ / ₃	33 ¹ / ₃	%

Højst 15% maa være finere end 0,21 mm.

4. Betonmaterialer.

a. Vand-Cement-Forholdets Betydning.

380. Ved Betonstøbning er Kravene til Plasticitet ikke saa absolutte som ved Muring og Pudsning, til Gengæld er Styrkekravene større.

Betons Trykstyrke afhænger fortrinsvis af Cementens Kvalitet og af Tætheden hos den Cementmasse, der kitter Gruskornene sammen (*Jærnbeton* 1931, § 76), og denne Tæthed er meget nær knyttet til Vand-Cement-Forholdet ved Betonens Udstøbning $P_v : P_c$. Det Vand, der ikke forbruges ved Hærdningen, vil nemlig forsvinde og gøre Cementmassen porøs. Hvis Cement-Kvaliteten og $P_v : P_c$ holdes konstante, er det af underordnet Betydning, om Betonen fremstilles af afrundede eller af skarpkantede Korn, og om disse er af det ene eller det andet Mineral, naar blot Kornene ikke er unormalt svage. Det er ogsaa uvæsentligt,

om Kornkurven har den ene eller den anden Form, og om Kornenes Maksimalstørrelse ligger mere eller mindre højt. En Betingelse er dog, at det er den effektive Værdi af $P_v : P_c$, der holdes konstant - det Vand, som Kornene indtager, skal fradrages.

Endvidere er det en Betingelse, at Betonen indeholder saa meget Vand, at alle Porer er vandfyldte, samt at Betonens Tørstoffer danner en saa finporet Kornhob, at Haarrørskræfterne kan fastholde denne Vandmængde, uden at noget af Vandet løber bort eller stiger til Vejrs. Er disse Krav opfyldt, vil Betonens Vandindhold være lig med dens Porerumfang, og den vil have en plastisk eller halvflydende Konsistens, altsaa være letstøbelig.

Størrelsen af den Vandmængde, der gør Betonen støbelig, afhænger i overvejende Grad af Grusets Mellemrumsprocent og samlede Kornoverflade; kantede Korn kræver mere Vand end afrundede, flade Korn mere end kugleformede eller kubiske, smaa Korn mere end store. Derimod spiller Cementholdigheden en underordnet Rolle; man kunde vente, at den finkornede Cement vilde forøge Betonens Vandbehov stærkt, men den gør det kun i ringe Grad eller slet ikke, fordi Cementslammen har

en større Smøreevne end det rene Vand, maaske fordi Cementpartiklerne virker som rullende Kugler. Forholdene fremgaar af Fig. 380, hvor Stofmængderne er angivet i absolutte Rumfang. Da Grus B kræver dobbelt saa meget Vand som Grus A, kræver det ogsaa dobbelt saa meget Cement for at give samme Betonstyrke.

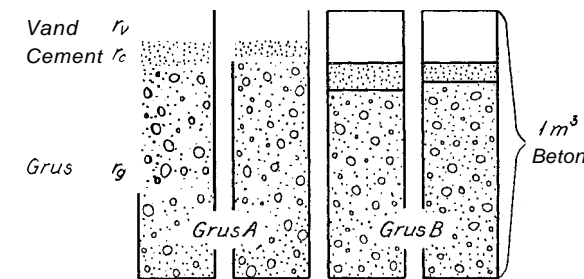


Fig. 380. Fire Betoner med ens Konsistens. Den nødvendige Vandmængde bestemmes af Grusets Kvalitet. Grus B kræver dobbelt saa meget Vand som Grus A - og ikke af Betonens Cementindhold.

Vandbehovets Vækst med aftagende Kornstørrelse ses af nogle Forsøg, *Fere!* har udført (Baumaterialienkunde 1906, S. 1) med fint Klitsand (1460 kg/m³) og groft Seinesand (1635 kg/m³). Kornstørrelse: 1-10 mm). Tallene angiver Vandmængden i Vægtprocent af den tørre Blanding:

	Konsistens:	Meget tør			
		Tør	Ret tør	Plastisk	VaadMeget vaad
1 m ³ groft Sand +	{ 300 kg Cement	6,5	7,8	9,1	10,4
	700 » »	7,5	8,6	10,7	11,8
1 m ³ fint Sand +	{ 300 » »	8,5-11,3	12,7	14,2	17,0
	700 » »	10,4	12,7	15,0	17,3
				17,3	19,6

Man ser, at Vandbehovet vokser meget stærkt med Sandets Finhed' og kun lidet med Cementholdigheden.

Grusets Kvalitet bør derfor vælges saaledes, at Betonen bliver støbelig med en ringe Vandmængde, thi i saa Fald bliver den stærk med en ringe Cementmængde (*Jærnbeton* 1931, § 77). Fordelen ved det gode Grus er altsaa dets ringe Vandbehov. Hvis man ikke udnytter denne Fordel, men tilsætter lige saa meget Vand som ved Brug af daarligt Grus, bliver Styrken lige lav i de to Tilfælde.

b. Kornstørrelsens Betydning.

381. Middelkornstørrelsens Betydning fremgaar af § 380 og af følgende Overvejelser. I en god Beton skal alle Gruskornenes Mellemrum være fyldt med Cement. Antages Kornene at være ens Kugler med Diameter d og med den tættest mulige Lejrning, vil der i 1 m³ Grus være 260 Mellemrum (§ 355), og kunde man fylde disse Mellemrum, uden at Kornene flyttede sig, vilde man

ved Tilsætning af 260 l passende tyk Cementslam faa 1 m³ tæt Beton, hvadenten Kornene er store eller smaa. Hvis man derimod sammenblander Grus og Cement paa vanlig Vis, overtrækkes hvert Gruskorn med Cement, og naar Gruset bagefter stam-

pes 'sammen, kan det ikke lejre sig saa tæt som før (Fig. 381-381,1). Sættes den gennemsnitlige Tykkelse' af Cementfugerne lig Tværmaalet af et Cementkorn, regnes der næppe for rigeligt, og da det gennemsnitlige Tværmaal af

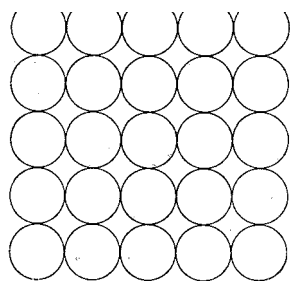


Fig. 381.

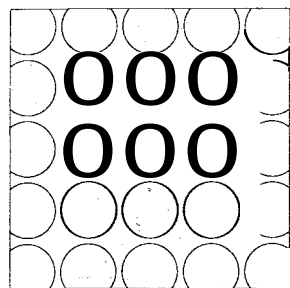


Fig: 381,1.

et Cementkorn antagelig er ca. 0,03 mm, kommer vi til, at Sandskornenes Diameter, der oprindeligt var d_{mm} , er vokset til $d + 0,03$ mm.

Under Forudsætning af den tætteste Lejrning - $T = 0,74$ - giver Formlerne i § 337, at der oprindeligt i 1 m³ Grus var Kornantallet $\frac{T \cdot 10^9}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot d^3} = \frac{1413}{d^3} \cdot 10^6$ med Overfladen $n \cdot d^2 \cdot \frac{1413}{d^3} m^2$; i 1 m³ Beton er der d en mindre d kun $(d + \frac{1413}{0,03})^3 \cdot 10^6$ Korn, hvis oprindelige Overflade er $O = \pi d^2 \cdot (\frac{1413}{d + 0,03})^3 m^2$ og til Indhyl-
ling af denne Overflade er medgaaet 0,015 O Liter Cementslam.

For $d =$	10	1	0,5	0,1	mm
bliver Overfladen:	440	4063	7453	20205	m ²
og Slamforbruget:	6,6	60,9	111,8	303,1	l

Disse Slammængder er medgaaet alene til at gøre Gruskornene større, de 4 Betoner indeholder stadig 260 l Hulrum pr. m³. Til at skabe en tæt Beton kræves der altsaa en Slammængde, der i de 4 Tilfælde varierer fra 266,6 til 563,1 l pr. m³ Beton, altsaa i Forholdet 1: 2,1.

Man kan ogsaa anstille følgende Betragtning: En Stenblok er tæt uden Brug af Cement; saves den i to Dele, maa disse mures sammen med Cement for atter at give en massiv Blok; saves den igennem et andet Sted, kræves der atter en Cementfuge o. s. v.; jo mere man sønderdeler Blokken, desto mere Cement kræves der til atter at hele den.

Grus til Beton bør følgelig have en stor Middelkornstørrelse, altsaa et stort Grovhestal (§ 340-1).

Tørringsvindet er ogsaa langt større, naar Mørtlen - eller Betonen - er finkornet, end naar 'den er grovkornet.. Hvis Sandskornene. b(rørte hinanden umiddelbart, vilde Mørtlen ikke kunne svinde; det er de tynde Cementfuger mellem Kornene, der svinder, og af disse Fuger er der langt flere i fint end i groft Sand, mens Tykkelsen er ens i begge Tilfælde. Gaar vi ud fra, at størknet Cementgrød svinder 2 mm pr. m, før dens Volumen bliver konstant, kan det lineære Svind for de fire ovenfor nævnte Mørtelsorter beregnes. Før at lette Beregningen forudsættes, at Lejringsmaaden er som Fig. 381,1 viser, med 0,03 mm tykke Fuger. Antallet af Fuger pr. lb. m er da $\frac{1000}{d+0,03}$ eller henholdsvis 100,

971, 1887 og 7692. Da hver Fuge svinder $\frac{0,03 \cdot 2}{1000} = \frac{0,06}{1000}$ mm, bliver Svindet for de fire Mørtler: 0,006, 0,058, 0,113 og 0,462 mm pr. m.

Ogsaa den **Sætning**, som sker i den udstøbte Beton inden' Størkningen, vokser med Grusets Finkornethed, fordi Betonens Vandindhold vokser med denne.

Grovhestallets Betydning. Det fremgaar af ovenstaaende, at Grus til Beton bør have en stor Middelkornstørrelse. Dennes Indflydelse paa Betonens Styrke er bedst udtrykt i Abrams' Grovhestal G_A (§ 341); naar dette er ens for to Grussorter, vil de være æquivalente i den Forstand, at 1 m³ af den ene Sort kan erstatte 1 m³ af den anden Sort, uden at Betonens Konsistens og Styrke ændres. En Betingelse er dog, at Betonens "Konsistens er plastisk eller halvflydende, og at Gruset kan fastholde Cementslammen. Dette sidste Krav betyder, at GrovhestalJet ikke maa være for stort i Forhold til d_{maks} thi med aftagende d_{maks} vokser Grusets Enskornethed, naar G_A er givet. Har man f. Eks. et Grus 70/0 mm med kontinuerlig Kornkurve og $G_A = 8$, og' formindsker mandmaks fra 70 til 20 mm, maa samtlige Korn have denne Størrelse, hvis Grovhestallet 8 skal bevares.

Er de nævnte Betingelser opfyldt, varierer Styrken retliniet med G_A , naar Konsistensen holdes ens. Vandbehovets Variation med G_A er mindre enkel. Se iøvrigt *Jærnbeton* 1931, § 116.

382. Kornenes Maksimumsstørrelse' bør ligge saa højt, som Forholdene tillader, thi G_A vil som Regel vokse med d_{maks} . Den økonomiske Fordel ved at forøge d_{maks} er umiddelbart forstaaelig, thi en stor Sten erstatter flere smaa+ den Mørtelmængde, der forbinder 'dem. Er Blandingsforholdet givet, vil Betonens Trykstyrke vokse med Stenstørrelsen; ved at tredoble denne kan man maaske forøge" Styrken med 30 %.

Men meget store Sten er besværlige at arbejde med. De kan ødelægge Blandemaskinens Skovle, og ved Haandblanding har man ondt ved at magte dem; de skiller sig ud fra den øvrige Betonmasse, fordi deres Vægt er stor i Forhold til deres Overflade, saa Mørtlens Adhæsion ikke kan fastholde dem; de forringer ogsaa den hærdnede Betons Homogenitet, hvilket kan forringe Styrken og Evnen til at taale Fugtigheds- og Temperaturvekslinger. Som Følge af disse Forhold bør man sædvanligvis ikke bruge Sten, der er større end 1/4 af Betonens mindste Tværmaal og heller ikke større end 7 cm, og i Jærnbeton sænkes Grænsen gerne til 3 cm. I meget massive Bygværker gaar man undertiden højere op, i Hoover. Dæmningen til 23 cm. Det er dog et Spørgsmaal, om man i Bygværker, der er udsat for Fugtigheds- og Temperaturvekslinger, bør gaa væsentlig højere end 5 cm.

Hvad enten man foreskriver den ene eller den anden Værdi, kan man passende tolerere, at indtil 5 eller 10% af Stenene er indtil 1 cm større. Se ogsaa § 391.

c. Kornkurvens Betydning.

383. Grusets Kornkurveform paavirker Betonens Støbelighed, Tæthed og Styrke og kan derfor give en første Orientering m. H. t. Grusets Egnethed. Alment gælder, at Kurvens nedre Del - Sandets — er af langt større Betydning end dens øvre Del (§ 387), og at Styrken indenfor vide Grænser vokser med P_s , medens Støbeligheden aftager; man bør derfor vælge dette Forhold saa stort, som Hensynet til Støbeligheden tillader.

Den gunstigste Kornkurve er et uklart Begreb, med mindre man tilføjer, under hvilke Forhold den er gunstigst, og hvilket Formaal den er gunstig for. Den Form, der er gunstig for Styrken, er ofte ugunstig for Støbeligheden.

Den gunstigste Kornkurve kan bedst defineres som den, der medfører, at Betonen i saa høj Grad som muligt forener visse, tilstræbte Egenskaber under visse givne Betingelser. Egenskaberne kan f. Eks. være Styrke, Vandtæthed, Støbelighed, Billighed o.s.v. Betingelserne kan f. Eks. være, at Betonens Cementindhold er det mindst mulige eller har en bestemt Værdi, eller at Blandingsforholdet mellem Cement og Grus er givet enten efter Vægt eller efter Maal; det har ogsaa stor Betydning, om Betonen udstøbes jordfugtig, plastisk eller flydende, og om den vibreres eller fortættes paa anden Maade. Hver af disse Kombinationer vil sandsynligvis have sin gunstigste Kurveform.

Den gunstigste Form varierer altsaa med den Egenskab, der tilstræbes, og desuden med d_{maks} ' Cementmængde, Støbevandsmængde, Kornform og andre Faktorer og kan derfor kun findes ved Forsøg med de foreliggende Materialer. Ikke desto mindre har der efterhaanden udkrystalliseret sig en vis Standardform - 2' Grads Parablen (§ 336) eller en lignende Kurve - som synes at være vel egnet for en stor Del af de Kombinationer, der forekommer i Praksis, men da den ofte kritiskløst overføres til Forhold, under hvilke den ikke er egnet, er der Grund til at omtale nogle af de begrænsende Faktorer.

Den maksimale Kornstørrelse forudsættes som Regel at være uden Indflydelse paa den gunstigste Kurveform; Kurveordinate-e angives som en Funktion af d : d_{maks} f. Eks. $y = 100 \cdot \sqrt{d}$; svarende til at Formen er ens for alle Værdier af d_{maks} . Det er imidlertid indlysende, at Sand 5/0 mm og Grus 30/0 mm med samme Kurveform er vidt forskellige Materialer i Henseende til Middeldiameter, Vandbehov og deraf følgende Cementbehov. Skal disse Forskelle udlignes ved en Ændring af Kurveformerne, maa Sandkurven rettes ud, eller Gruskurven hvælves mere. Det maa derfor være en Regel, at jo større d_{maks} er, des mere hvælver den gunstigste Kornkurve sig opefter; med aftagende d_{maks} retter den sig ud, og for fint Sand er den formentlig hul opad.

Ved Udstøbning af Mørtel 5/0 mm uden Sten fandt jeg, at en retliniet Kornkurve var gunstig for Styrken (Jærnbeton 1931, § 104).

Cementprocenten har Betydning, thi jo cementrigere Betonen skal være, des mindre Brug er der for fine Sandskorn, og des fladere er den gunstigste Kornkurve. **Vandprocenten** virker nærmest modsat; jo mere flydende Betonen skal være, des mere Brug er der for fine Sandskorn, der kan binde Vandet.

En kontinuerlig Kurve regnes at være gunstig for Støbeligheden, og de fleste regner den ogsaa gunstig for Styrken, medens andre hævder, at Udeladelsen af visse Fraktioner kan forøge Styrken. Dette sidste er utvivlsomt rigtigt, i alt Fald hvis Udeladelsen forøger Grusets Grovhed, thi denne betyder mere for Styrken end Kornkurvens Kontinuitet.

Dette fremgaar af § 361, der viser, at Grus 30/0 mm indeholdende 60% Sten er bedre, naar disse Sten har Størrelsen 30/15 mm, end naar de har Størrelsen 30/5 eller 15/5 mm. Om diskontinuerlige Sandkurver se § 388.

De -kontinuerlige Kurver, der opstilles som almenlydige, vender alle Konkaviteten mod Abscisseaksen og er mer eller mindre parabolske, men iøvrigt forskellige.

Den første Kurve af denne Art blev angivet af Amerikaneren Fuller og om-

fattede ikke Grusetalene, men alt Tørstoffet: Cement+Grus; den viste, hvorledes en mager Beton med $P_g : .9 P_c'$ udstøbt halvflydende, skulde være opbygget for i nystøbt Standat indeholde Minimum af Porer (Luft+Vand), se Jærnbeton 1931, § 88. Senere har man bestemt tilsvarende Kurver gældende for andre Cementprocenter, og ved sluttelig at optegne alle disse Kurver for Gruset alene har man faaet en Skare, hvis Middelkurve var en 2'' Grads Parabel, -og denne har man derefter opstillet som Mønster for Grus til Beton.

Da Grus med denne Kurve i Henhold til § 336 udmærker sig ved en særlig stor Lejringsæthed i tør Tilstand, har man regnet med, at det Grus, der lejrer sig tættest, ogsaa giver den tætteste Beton. Denne Lov kan ikke være almenlydig, den maa være betinget af en vis lav Cementprocent, en vis Vandholdighed og en vis Værdi af d_{maks} ; kun naar disse Betingelser er opfyldt, kan man vente, at 2' Grads Parablen er bedre end Nabokurverne (§ 336). Paa den anden Side er der næppe Tvivl om, at Grus af denne Art er vel egnet i mange Tilfælde, navnlig fordi man faar en passende Kombination af Støbelighed og Styrke.

I plastisk Beton med $P_g = 4 P_c$ og $d_{maks} = 18$ mm fandtes Grus med $q = \frac{1}{2}$ at give større Trykstyrke, Trækstyrke og Rumvægt end Grus med $q = \frac{1}{4}$, 1 eller 2'. Betonens Vandtæthed blev ens ved $q = \frac{1}{2}$ og 1 og større end ved de to andre Værdier.

Man har ogsaa opstillet andre Standardkurver, som Ophavsmændene har fundet bedre end Parablen, antagelig fordi de har arbejdet med Beton af anden Konsistens eller med Gruskorn af anden Form eller med Kornfraktioner af anden Sammensætning. Saaledes svarer den nedenfor nævnte Schweizer-Kurve til et sa'ndfattigere Grus end Parablen.

I efterfølgende Tabel er indført det gunstigste Blandingsforhold mellem Sand 0/5 mm og Sten 5/x mm efter 2' Grads Parablen (§ 336) og efter den af E.M.P.A. anbefalede Kurve:

$$y = 50 \cdot \left(\frac{d}{d_{maks}} + \sqrt{\frac{d}{d_{maks}}} \right) \%$$

Maksimal Stenstørrelse $x =$	10	15	20	30	50	70 mm
P_s i % af $P_s + P_{st}$ efter Parabel:	71	58	50	41	32	27
» » » » » E.M.P.A.:	60	46	38	29	21	17

Kornkurver med begrænset Brugsomraade. Den gunstigste Kurveform kan kun angives, naar Formaal og Betingelser defineres nogenlunde skarpt, og selv saa spiller Grusets Oprindelse en Rolle. Det almindeligste Formaal er at opnaa en Beton, der uden alt for meget Besvær kan udstøbes med et lavt Vand-Cement-Forhold; for Grus 30/0 mm har man i Tyskland opstillet de i Fig. 383 til venstre tegnede Kornkurver, der to og to definerer det fineste og det groveste Grus egnet for de under Figuren, nævnte Anvendelser; til Orientering er 2' Grads Parablen antydet ved fyldte Cirkler. Sigterne er Rundhulsigter, kun den fineste er en 0,2 mm Maskesigte, og den er i Figuren erstattet med en 0,25 mm Rundhulsigte. For Vejbetonens Vedkommende er der regnet med Brug af Stampemaskine.

Kurverne repræsenterer et værdifuldt Erfaringsmateriale, men deres noget tilfældige Forrntyder paa, at man kun har arbejdet med et begrænset Antal Sandsorter. Det er en Fejl, at der kun for Rigs-Automobilveje skelnes mellem Skærvegrus og Rundkornsgrus, dette bør gøres ved alle Anvendelser, naar man vil undgaa Støbevanskeligheder; selv ved Brug af Rundkornsgrus har Kurverne f og g Ord for ikke at give nogen letstøbelig Beton.

1) Honigmann: Neuzzeitliche Betontechnologie, Berlin 1939.

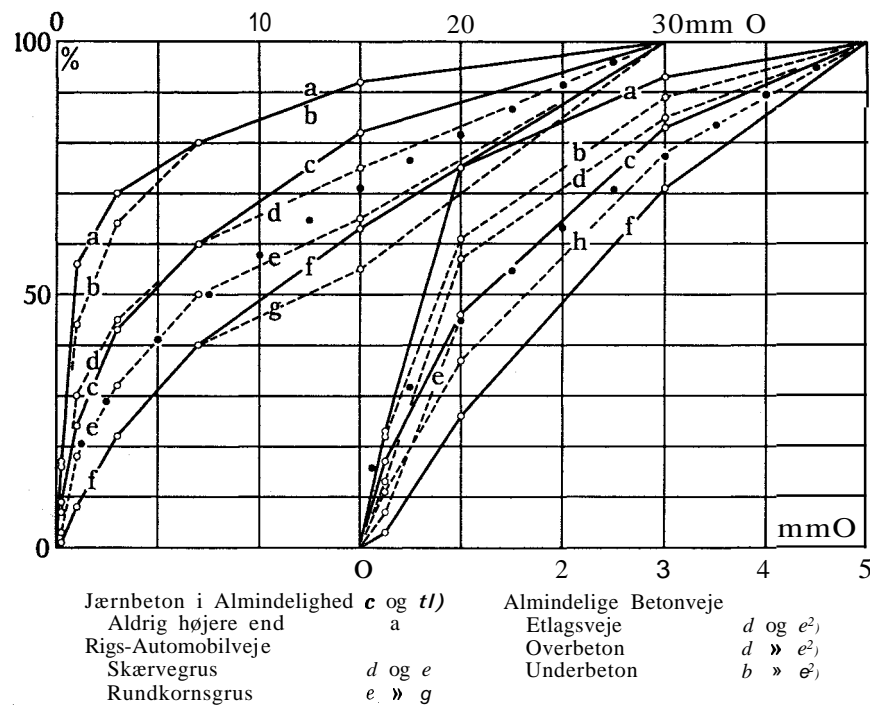


Fig. 383. I Tyskland anbefalede Kornkurver for Betongrus 30/0 mm og for det i Gruset værende Sand³⁾.

Hvad Forholdet mellem Sand og Sten angaar, stemmer de Kurver, der ligger lavere end Parablen, godt med mine Forsøg med Bakkegrus 29/0 mm, thi ved disse blev Styrken størst, naar Gruset indeholdt 30-40% Sand 5/0 mm.

Kurverne gælder kun for Grus med $d_{maks} = 30$ mm; er d_{maks} mindre eller større, maa man antage, at Kurverne skal krumme henholdsvis mindre og mere.

Regnes Parablen at passe for saavel 130 som 15 mm Maksimalstørrelse, findes henholdsvis 41 og 58% at være det gunstigste Sandindhold; ved mine ovenfor nævnte Forsøg fandtes derimod 30-40% og 35-45% at give størst Styrke (Byggematerialer IV 1911, § 1079); Ærtestensgruset skal altsaa have en fladere Kurve end Nøddestensgruset.

Er $d_{maks} > 30$ mm, vil man ved at multiplicere samtlige Abscisser med $d_{maks} : 30$ uden at ændre Ordinaterne faa et Grus, der er ligedannet med 30/0 mm Gruset, men som vil give en mindre støbelig Beton. Hvis man derimod beholder alle Figurens Tal uændrede og blot retter Værdien 30 mm til d_{maks} , vil Støbeligheden næppe blive forringet, bortset fra den Forringelse, der altid følger med en Forøgelse af d_{maks} .

løvrigt henvises til Jærnbeton 1931, § 88-9, 104-5, 107-9, 749, 753, 776.

d. Kornformens og Kornstoffets Betydning.

384. Skarpkantede Korn - navnlig Skærver og Skærvesand - kræver mere Vand end afrundede, naar Støbeligheden skal holdes ens, og Støbevandsmængden maa derfor øges til Skade for baade Træk- og Trykstyrken, men mest for den sidste. Man plejer at finde $St. S\ell$ større for Skærvebeton end for Rundkornsbeton, og dette er maaske Hovedgrunden til, at Skærver har faaet Ord for at give stor Trækstyrke, medens Forholdet snarere er det, at de giver ringe Trykstyrke. Noget almengyldigt kan dog ikke siges, fordi man intet almen-

1) Bruges Skærvesand, bør dettes Kornkurve ikke ligge lavere end h.

2) Man kan dog gaa til Kurve g, hvis den Komprimeringsmaade, der bruges, sikrer, at en saa grov Beton bliver tæt.

3) Se DIN 1045, Udgave 1937 og Betonstrassenbau in Deutschland, Zementverlag, Berlin 1939.

gyldigt Sammenligningsgrundlag har (Jærnbeton 1931, § 111). Rundsten er i alt Fald billigere end Skærver, og de giver en mere vandtæt Beton.

Baade Skærver og Rundsten maa helst have en lille Overflade i Forhold til Rumfanget. Sættes Vandbehovet til 100 for kugleformet Singel, kan det for Sten med samme Rumfang, men anden Form stille sig som angivet hosstaaende.

Kugleformet Singel	100
Flad »	105
Kubiske Skærver	115
Aflange »	120
Flade »	125

Hvad Overfladen angaar, er en ru Overflade at foretrække for en glat, hvilket er i Skærvernes Favør.

Er Betonen mager - f. Eks. 1 : 4 : 8 - kan man være temmelig sikker paa, at Rundsten giver større Styrke end Skærver, men er Cement- og Mørtelmængden rigelig, er det ikke usandsynligt, at Skærver kan give større Styrke end Rundsten og navnlig større Træk- og Bøjningsstyrke, hvilket er af Betydning for Undgaelsen af Svindrevner. I visse Tilfælde har man fundet indtil 30% større Sb for Skærve- end for Rundstensbeton (D.A.f.E. Heft 17, S. 97).

Hvilke Mineraler, der indgaar i Kornene, er af underordnet Betydning; naar blot Kornene er vejrfaste og ikke unormalt svage - Styrken bør i alt Fald være større end Betonens - kan ikke blot Korn af Kvarts og Feldspat bruges, men ogsaa Korn af Kalksten og Sandsten. Kornenes tilsyneladende Vf, omtales i § 344 og 346-7, Styrke og Slidfasthed i § 365, Frostfasthed i § 366-7. De Kalkkorn, der forekommer i dansk Grus, er ofte ikk'e frostfaste (§ 369). Andre skadelige Stoffer omtales i § 368. Grus, der er rigt paa Glimmer eller Ler (§ 370), bør ikke bruges, uden at man har Erfaring for dets Godhed. Ler gør Skade i fede Mørtler, men kan gavne i magre Mørtler ved at udfylde Hulrummene (§ 388). Om Humus se § 371. Se iøvrigt Jærnbeton 1931, § 101-8.

Porøse Korn suger Vand fra Betonen, hvis man ikke forud har vandmættet dem (§ 364). Hvis Betonen er meget flydende, kan Sugningen medføre en forøget Styrke, men som Regel er den uønsket. Desuden kan porøse Sten sprænges af Frosten, hvis de ligger i Betonens Yderflade, og denne er udsat for Vejret.

Ved Slyngstøbning er porøse Kalkkorn uønskede grundet paa deres ringe Rumvægt.

Betonens Krybning paavirket i Henhold til amerikanske Forsøg af Mineralernes Art. For Beton af Skærvegrus fremstillet af enten Kalksten, Kvarts, Granit, Basalt eller Sandsten og lagret 28 Døgn i fugtig Luft, inden Lasten - 56 at - paaførtes, fandtes Krybningen i de paafølgende 5 $\frac{1}{2}$ Aar at vokse i nævnte Orden fra 0,55 mm/m hos Kalkstensbetonen til 1,3 mm/m hos Sandstensbetonen. Alle Grus-sorterne havde samme Kornkurve, altsaa samme Grovhestal- $GA = 5,75$ - og alle Betonerne havde $Pc: Py: Pv = 1: 5,67: 0,59$ (se H. Dihrkop: Betons Krybning, Kbhvn. 1940).

e. Raagrus og sorteret Grus.

385. Beton kan fremstilles af usortet eller sorteret Grus.

Usortet Grus er billigst, men har sjældent den ønskede Sæmmensætning; i Bjærglande plejer det at være for groft, i Slettelande som Danmark for fint. Saaledes indeholder det danske Bakkegrus som Regel for meget Sand og for faa Sten. Kan man bibeholde Haandstenene og Singelen, vil Blandingsforholdet ofte være passende, men man tvinges som Regel af Støbningens Karakter til at foreskrive en mindre Maksimalværdi for Kornstørrelsen, og jo længere man gaar ned, des mere forringes Gruset. Dette fremgaar tydeligt af følgende Forsøg med det i Fig. 335-5,1 viste Nøddestensgrus. Af dette Grus og af de Grusorter der fremkom ved Frasigtning af først Nøddesten, saa Ærtesten, saa Perlesten og endelig Grynsten, fremstilledes Betontærninger i Blandingsforholdet 1:4 efter Maal, og efter 28 Døgn Lufthærdning opnaedes hosstaaende Trykstyrker.

Korn-	Beton-
Nøddestensgrus	størrelse 0-29 mm
Ærtestensgrus	186 at
	0-16 » 166 »
Perlestensgrus	0-5,3 » 122 »
Grynstensgrus	0-3,4 » 103 »
Sand	0-1,5 » 92 »

En anden Fejl er, at selvom Gruset tages fra samme Grav, er snart det fine og snart det grove Materiale i Overvægt, saaledes at Betonens Kvalitet bliver variabel. Ved jævnlige Sigteprøver kan man naturligvis kontrollere Grusets Sammensætning og derefter tilsætte, hvad der mangler af enten Sand eller Sten, men det er vanskeligt at sætte Kontrollen i System paa en Byggeplads.

386. Sorteret Grus. Skal Betonen have stor Styrke, plejer man at købe Gruset delt i et passende Antal Fraktioner, der ved hver Fyldning af Betonblande-maskinen udmaales eller afvejes hver for sig. Jo flere Fraktioner man deler i, des mere sikker er man paa, at Betonens gennemsnitlige Sammensætning ikke varierer fra Fyldning til Fyldning, og des mindre kan Cementindholdet gøres.

Angaaende Grusets Udvidelse ved Sortering og Svind ved Sammenblanding se § 315 og 358-9; Rumvægten er omtalt i § 359-60.

Med de i Danmark forhaandenværende Grussorter behøver man som Regel kun at dele i to Fraktioner, Sand og Sten, og Betonens Sammensætning karakteriseres da ved Mængdeforholdet Cement: Sand: Sten angivet enten efter Vægt $P_c: P_s: P_{st}$ eller efter Maal $Re: R_s: R_{st}$. Under disse Forhold vilde det være ønskeligt at faa Sandet leveret stenfrit og Stenene sandfri. Det sidste Krav kan let opfyldes, det første vanskeligere, med mindre man vil slaa af paa et vigtigere Krav, nemlig at Sandet skal være groft. De naturligt forekommende stenfri Sandaflejringer plejer nemlig at være finkornede. Det grove Sand træffes som Regel i Aflejringer, der tillige indeholder Sten, altsaa i Grusaflejringer, og Stenene maa da fjernes under Brug af 5 mm Sigter, hvilke Sigter er for fine til praktisk Brug, naar Gruset er fugtigt. De fineste Sigter, der sædvanligvis bruges i Grusgravene, har 15 mm O eller 13 mm D Huller.

Derfor foretrækker man at købe Sandet i Form af Ærtestensgrus (15/0 mm). Lader man dette indgaa i Betonen i samme Mængde, som om det var Sand, faar man en Beton, der er sandfattigere og stenrigere end den projekterede, hvormed følger større Styrke og mindre Støbelighed. Da Ærtestensgrusets Stenindhold plejer at være ringe, plejer den mindre Støbelighed ikke at være generende, i modsat Fald maa man forringe Stentilsætningen, hvilket vil fordyre Betonen mindre, end om man vilde kræve Sandet harpet paa en 5 mm Sigte. Iøvrigt kan Følgerne af en mangelfuld Sortering delvis ophæves ved en Ændring af Blandingsforholdet (*Jærnbeton* 1931, § 123).

I det følgende omtales Materialerne i Ordenen Sand, Grus, Sten.

f. Betonsand.

387. Den **gunstigste** Kornkurve. Betonens Godhed afhænger i lige saa høj Grad af Sandets Kornstørrelsesforhold som af Cementens Kvalitet, hvis ikke Mørtlen er saa cementrig, at Beskaffenheden af den ringe Sandmængde er umærkelig. Styrken af Mørtler 1:1 er som Regel uafhængig af Sandkvaliteten, hvorimod denne har stor Indflydelse paa de magrere Mørtler, man oftest bruger (*Jærnbeton* 1931, § 112 og *Byggematerialer* IV, § 1167). For disse Mørtler gælder, at Sandet bør være saa groft, som Hensynet til Støbeligheden tillader, hvilket fremgaar af følgende Overvejelser.

I 1 m³ Mørtel er der r_s m³ Sand og $l-r_s$ m³ Mellemlum fyldt med Cement + Vand + Luft. Luften, forringer baade Støbelighed og Styrke, og Mørtlen skal derfor helst opfylde Betingelsen: $l-r_s = re+r_v$. Alle Mørtler, der opfylder denne Betingelse, kan regnes at være støbelige - omend i forskellig Grad -

saafremt $re:r_v$ ikke er saa stor, at Mørtlen bliver for stiv, og ikke saa lille, at Cementslammen løber ud af Sandets Mellemlum. Den Styrke, en saadan Mørtel opnaar, vokser med $re:r_v$ altsaa med Cementslammens Stivhed. Skal Mørtlen være stærk, er groft Sand at foretrække, thi dette gør $l-r$ lille, og da $r_c:r_v$ er stor, kan det grove Sand fastholde Slammen. Skal Mørtlen være mindre stærk, altsaa $re:r_v$ lille, maa man bruge et finere Sand, der har saa store kapillære Kræfter, at det kan fastholde Slammen, og maa saa finde sig i, at $l-r$ bliver større.

Ved Forsøg med enskornet Sand træder disse Forhold tydeligt frem (*Jærnbeton* 1931, § 103).

Den for Styrken gunstigste Kornkurve varierer følgelig med Mørtlens Indhold af Cement og Vand. Er Mørtlen fed og vandfattig, vil en retliniet Kornkurve give stor Styrke, er den mager og vandrig, vil 2^o Grads Parablen eller en Kurve, der ligger endnu højere, være gunstigere. Til de nævnte to Kurver svarer Kornfordelingen i Tabel 1; i DIN 1045 (1937) anbefales Sand med en Kornfordeling omtrent som i Tabel 2.

Tabel 1.				Tabel 2.				
Huldiameter	5	2	$\frac{1}{2}$ mm	Styrkeindeks	Huldiameter	5	2	$\frac{1}{2}$ mm
Parabel	36,8	31,6	31,6 %	218	Største Gennemgang	100	66	27 %
Ret Linie	60	30	10 >>	254	Mindste >>	100	49	15 >>

Er Mørtlen cementrig, maa Kurvens første Strækning gerne være vandret eller svagt stigende, saaledes at Kurven som Helhed bliver S-formet.

Det er dog utvivlsomt vigtigere, at der er et fornuftigt Forhold mellem Mængden af grove og Mængden af fine Korn, end om Kornkurven krummer sig paa den ene eller den anden Maade.

388. De fine Kornes Betydning. I Leveringsbetingelser foreskrives undertiden et Maksimumsindhold af fine Korn, men der er mere Grund til at kræve et Minimumsindhold af grove Korn eller forlange, at Mængden af fine Korn ikke overstiger Mængden af grove Korn.

At fine Korn i begrænset Mængde gør Gavn, naar Mørtlen ikke er unormalt cementrig, fremgaar af Ferets Undersøgelser¹⁾. Naar Vægtforholdet mellem Cement og Sand var givet, fik man den tætteste og dermed den stærkeste Mørtel ved af Sandet at fjerne alle Korn 2/0,5 mm og kun beholde saamange Korn 0,5/0 mm, at Rumfanget af disse fine Korn (r/s) + Rumfanget af Cementkornene (re) blev halvt saa stort som Rumfanget af de grove Korn 5/2 mm (rus), altsaa $r_{gs} = 2 \cdot (r/s + re)$. Ved Blanding efter Vægt kræves følgelig $P_{us} = 2,65 = 2 \cdot (p/s + Pc) = 3,15$. Alle de Blandinger, der følger denne Lov, er omtrent lige tætte, medens Styrken vokser med $Pe = p/s$. Af Ligningen følger, at saafremt $P_{us} + p/s \geq 1,68$ Pe , bliver Tætheden størst, naar $p/s = 0$; saafremt $P_{us} + p/s = 2 Pc$, bliver den størst, naar $p/s = 0,28 P_{us}$.

Ler og andre Korn af Cementfinhed vil forøge Støbeligheden⁴⁾, og er Mørtlen cementfattig, kan de ogsaa forøge Styrken, hvis Mængden er passende begrænset, men da saadanne Korn ogsaa kan gøre Skade, kræves som Regelfrit Sand. Er $Pe: P_s \geq 1:2$, kan man som Regel gaa ud fra, at Ler gør Skade.

389. Grovhedens Bedømmelse kan ske paa Grundlag af:

(1) Udseendet, idet Mængden af store Korn skal være stor.

(2) Sigteprøver og Optegning af Kornkurven eller Udregning af Styrkeindeks (§ 340) eller andet Grovhedstal.

Styrkeindekset er for de fleste danske Sandsorter, der bruges til Beton, væsentlig mindre end Parablens (§ 387), oftest ligger det mellem 180 og 215. Dette skyldes navnlig, at Indholdet af 5/2 mm Korn er ringe;

1) De danske Statsbaner kræver, at Fraktionen 7/0 mm O højst indeholder 50 Vægtprocent Korn 1/0 mm O, 5% Korn 0,2/0 mm O (dette sidste Krav stilles ogsaa i Sverige) og 1,5% Korn 0,02/0 mm O. De schweiziske Statsbaner forlanger, at højst 10% af Sandet - 8/0 mm O - maa være mindre end $\frac{1}{2}$ mm O.

2) Annales des ponts et chaussées, 1892, II, S. 157.

3) Ved den tætteste Mørtel forstaas den Mørtel, der - udstøbt i plastisk Konsistens - indeholdt mest Tørstof pr. Liter.

4) Dette gælder navnlig Korn med $d < 0,02$ mm; se: Die Betonstrasse 1941, S. 198 (Walz).

udgør det 20%, maa man være meget tilfreds. En Bestemmelse af disse Kornes Mængde foregaar let - i Modsætning til 0,5/0-Kornenes - og Værdien er et godt Maal for de danske Sandsorters Kvalitet. Se iøvrigt § 398 og *Jærnbeton* 1931, § 103-8.

(3) Den Vandmængde, en Mørtel med $Pc:Ps = 1:2$ eller $1:2\frac{1}{2}$ kræver for at opnaa den ønskede Konsistens. Det Sand, der kræver mindst Vand, er det bedste.

(4) Styrkeprøver med Mørtler fremstillede af de Sandsorter, der staar til Raadighed, og med samme Blandingforhold og Konsistens, som man agter at anvende. Denne Prøve er den paalideligste, og samtidig røber den Tilstedeværelsen af Humussyre.

Undertiden fremstilles saadanne Prøvelegemer med jordfugtig Konsistens efter Cementnormerne; godt Betonsand 5/0 mm vil da give mindst 50% større Styrke end Normalsand.

Det Sand, der giver den stærkeste Mørtel, vil ogsaa give den stærkeste Beton, saafremt man ikke tilsætter saa mange Sten, at der bliver Underskud af Mørtel. Er Betonen stenrigere - f. Eks. $Pc:Ps:PsT = 1:4:8$ - vil Mørtelkvantiteten muligvis være vigtigere for Styrken end Mørtelkvaliteten, saaledes at et Sand, der giver stort Mørteludbytte, vil være bedre end et Sand, der giver stor Mørtelstyrke.

Rumvægten er en upaalidelig Kvalitetsmaalestok for Sand, selvom den bestemmes ved maksimal Lejringsstæthed. En stor Rumvægt skyldes hyppigst, at der er mange fine Korn, som udfylder Mellemrumsrummene mellem de større; et saadant Sand har en lille Mellemrumsprocent i Maalekarret, men ofte en stor i Betonen!). Kun ved at danne Middeltal for et saa stort Antal Sandsorter, at Grovhedens Betydning elimineres, kan det p-aavises, at Mørtelstyrken vokser med Sandets Rumvægt²⁾.

Som Bevis paa, at de fine Korn forøger Sandets Rumvægt og formindsker Mørtlens Styrke, tjener følgende Forsøg med 20 cm Tærninger af 28 Døgn gammel Mørtel blandet efter Maal i Forholdet 1:4 af Cement og henholdsvis Sandet og Grynstenene fra Fig. 354:

Sandsort	Kornstørrelse	Rumvægt	Trykstyrke	Selvom det er Vægtforholdet mellem Cement og Sand, der holdes konstant, er Sandets Rumvægt en daarlig Maalestok for Sandets Egnethed.
Sand	0-1,5 mm	1580 kg/m ³	92 at	
Grynsten	1,5-3,4»	1350»	212 »	

g. Betongrus.

390. Ordet Betongrus bruges i to Betydninger:

(1) Den samlede Mængde Stenkorn, der indgaar i Beton, uanset om Kornene er tilsat i flere eller færre Fraktioner.

(2) Den Kornfraktion, der — naar Betonen fremstilles af flere Fraktioner — indeholder Sandet. I denne Betydning knyttes Betegnelsen til forskellige Handelsvarer, saavel Havgrus (Nøddestensgrus, Ærtstensgrus, Perlestensgrus) som Bakkegrus (Ærtstensgrus). Stenmængden i disse Handelsvarer plejer at være saa ringe, at man kan se bort fra den, naar man fastsætter den Stenmængde, som yderligere skal tilsættes (§ 386).

Hvad enten Betongruset er af den ene eller den anden Art, bør man først og fremmest sikre sig, at Sandet i det har de i § 387-9 nævnte Egenskaber, thi Betonens Styrke afhænger navnlig af Mørtlens Styrke og mindre af Stenenes Størrelse og Mængde.

Havgrus (§ 398) foretrakkes ofte for Bakkegrus, da det er frit for Humussyre og sædvanligvis ogsaa for Ler. Godt Bakke-Ærtstensgrus (§ 400-1) giver dog tit en større Styrke end Hav-Ærtstensgrus, navnlig naar Betonen er cementfattig, og det

1) E. Suenson: Strandsand som Mørtelmateriale (*Ing.* 1914, S. 561).

2) Meddelelser fra Kristiania Materialprøvningsanstalt Nr. 1, S. 25.

skyldes formentlig, at man kan nøjes med mindre Vand, fordi det er grovere, og fordi Leret giver Plasticitet.

Hvis usortet Grus bruges til Beton, bør man foreskrive en øvre Grænse for Kornstørrelsen — men lægge den saa højt som muligt — og enten en øvre Grænse for Sandindholdet (§ 383) eller en øvre og en nedre Grænse for Grovhedstallet.

Grus til slidfast Beton bør være særlig groft (§ 379).

h. Sten til Beton.

391. Sten til Beton skal helst bestaa af stærke og frostfaste Eruptiver. Kalk, Sandsten og lys Flint sprænges ofte af Frost. Mørk Flint er derimod frostfast og meget stærk, og naar man undertiden foreskriver, at den kun maa være til Stede i ringe Mængde, skyldes det Angst for, at Cementen ikke skal forbinde sig godt med dens glatte Flader. Stenene skal være rene, fri for Ler og Humus' og bør højst indeholde 5% Sand. Om Skærver se § 384, om Rundsten § 395.

Maksimalstørrelsen omtales i § 382; man bør ikke bruge mindre Sten end nødvendigt af Hensyn til Støbeligheden. Naar man til en given Mængde Mørtel af given Kvalitet sætter en given Mængde Sten, kan man regne med, at Betonstyrken vokser med Stenstørrelsen, selvom denne er ensartet (§ 361).

Uens Stenstørrelse anses som Regel for bedre end ens — jnf. de anbefalede Kornkurver — navnlig af Hensyn til Betonens Støbelighed, og da navnlig naar d_{maks} er stor og Betonen vandrig; under disse Forhold er det formentlig godt, at Stenstørrelsen varierer jævnt fra d_{maks} og helt ned til 5 mm, ogsaa for Styrkens Skyld.

I alt Fald gælder, at uens Sten indeholder mindre Luft end ens, og betaales de pr. m³, faar man altsaa mere for Pengene.

Forskellen er dog ikke meget betydelig; af Fig. 356,2 fremgaar, at Mellemrumsprocenten kun varierer fra 44,5 til 47,5, naar Nøddesten 29/16 mm blandes med vekslende Mængder Ærtsten 16/5,2 mm.

Men uens Sten har en større Overflade end ens saavel pr. m³ som pr. Ton, og da Overfladens Betydning vokser med aftagende Kornstørrelse, maa man vente, at uens Sten vil give den tætteste Beton, naar d_{maks} er stor, men ikke naar d_{maks} er lille.

Grænsen ligger formentlig ved $d_{maks} = ca. 30$ mm. Af Fig. 356,2 fremgaar, at Nøddestensgrus' Lejringsstæthed forøges, naar Ærtstenene fjernes, og af § 361 fremgaar, at Nøddestensgrus 30/0 mm med 60% Sten giver en stærkere Beton, naar Stenstørrelsen er 30/15 mm, end naar den er 30/5 mm.

5. Vejmaterialer.

392. Vejmaterialer skal være stærke, slidfaste og frostfaste, i hvilke Henseender de kan prøves, som nævnt i § 365-7; Lerindholdet er omtalt i § 370. I det følgende er de vigtigste Former kort omtalt ordnede efter aftagende Kornstørrelse. Om Vejbeton se § 383. Om Hav- og Bakkematerialer se § 398 og 400-1.

Storsten bør være af stærkt og vejrfast Kampestensmateriale, Flint eller andre lignende haarde Stenarter, derimod ikke af Kalk, Sandsten, Skifer eller deslige. Hvis Størrelsen ikke paa anden Maade er fastsat, bør det mindste Tværmaal være over 200 mm (§ 311).

Haandsten (200/100 mm; om unormale Størrelser se § 156 og 400) bør være af samme Materiale som Storsten. Bundsten i makadamiserede Veje skal være frostfaste og derfor absolut kalkfri (Kampesten eller Flint). Størrelsen kan være forskellig f. Eks. 150/100, 150/50, 100/70 mm; se ogsaa § 400. Paksten er kløvede Bundsten; de bør have en flad Underside med Areal 100-200 cm²; Højden bør være 10-15 cm svarende til Paklagets Tykkelse.

Harpesten (100/5 mm) bør overvejende bestaa af stærkt og vejrfast Materiale; om Kalk se § 369. Mindst 70 Vægtprocent af Kornene bør ligge indenfor de angivne Grænser, medens højst 10% maa være indtil 20% større, og højst 20% maa være mindre. Harpestenene bør leveres saa rene, som de under Hensyntagen til Vejrliget kan blive ved en enkelt, veludført Harpning. Disse Bestemmelser gælder ogsaa for Underafdelinger af Harpestenene. Disse kan deles i: Store Harpesten 100/60 mm og Smaa Harpesten 60/5 mm. Harpesten til Asfaltbeton skal være frost- og slidfaste, uden Lerovertræk og ikke af en saadan Form, at de let knækker ved Bøjning. Man kan passende forlange en Kornkurve liggende mellem de rette Linier: $y = 4 \cdot (d - 5)$ og $y = 4 \cdot (d - 15)$, idet y er udtrykt i %, d i mm. Se ogsaa § 372.

Ballaststen til Jærnbanner er større eller mindre Harpesten. De danske Statsbaner foreskriver Størrelsen 100/30 mm, dog maa indtil 15% være 120/100 mm og indtil 10% være 30/27 mm. Stenene maa ikke være udpræget flade eller lange og skal overvejende bestaa af Granit; indtil 5% Kalk og ca. 35% Flint tillades. Sten af den nævnte Art bruges kun til-Underballast. Til Overballast bruges som Regel Granitskærver (§ 305) eller lige Dele af disse og Granit-Harpesten; paa jydsk Sidebaner bruges en Flintballast 70/30 mm blandet af 1/3 Skærver og 2/3 Harpesten, men denne Flint er af særlig Beskaffenhed. Se ogsaa § 365 og Ing. 1916, S. 217.

Ral (100/5 mm) skal være af samme Materiale som Storsten og skal iøvrigt tilfredsstillende til Harpesten stillede Fordringer. Man kan skelne mellem: Grov Ral 100/60 mm og Fin Ral 60/5 mm. Se ogsaa § 396.

Singel (60/30 mm) bruges i stor Udstrækning til hel eller delvis Erstatning af Skærver og Bundsten i Makadamveje. Selv Havsingel bruges paa denne Maade, naar Kornene ikke er for runde. Singelen skal være absolut kalkfri. Mest anvendt er Størrelsen 60/40 mm. Ogsaa til Jærnbaneballast bruges Singel (60/30 mm). Før Krigen var Prisen for Singel gennemsnitlig 7 Kr./msmod 15 Kr./m³ for Skærver.

Nøddesten (30/15 mm) bruges til Underlag i Gangstier, hvortil de forlanges renharpede, af Størrelse som en stor Hasselnød og ikke flade. Laget er gerne 10 cm tykt. Endvidere til Dækning af Drænrør (25 cm tykt Lag). Størrelsestolerance se Harpesten.

Ærtesten (15/1,0 mm) bruges til Belægning af Havegange. Størrelsestolerance se Harpesten.

Perlesten (10/5 mm) bruges som Ærtesten og har den Fordel at kunne passere selv en fin Rives Tænder, men Prisen er høj, da de udvindes af Ærtestensgrus, og Sorteringsresten (finharpet Grus) er lidt efterspurgt. Havsten § 396. Bakkesten § 400.

Strøsten (Emulsionssten), der bruges til Udstrøning paa nytjærede Veje, skal være saltfri og er derfor oftest Bakkesten. Størrelsen er ca. 9/3 mm. Paa samme Maade bruges 6 mm Granitskærver og Samsøgrus. Til Grusning af tjærede Gang- og Cykelstier bruges 2 mm Granitskærver. Ved Vadsugning paa 0,59 mm Sigten bør Strøstens Vægttab ikke overstige 10% af Tørvægten. Naar de tørrede Stens Rumfang efter Sammenrystning i et 500 cms Maaleglas bestemmes før og efter Vadsken, bør Rumfangstabet højst udgøre 6%. Om Strøstens Harning se § 396 under Perlesten.

Ballastgrus skal kunne pakkes fast sammen om Svellerne, hvortil Grus, der indeholder en passende Mængde Sand - indtil 10% - og lidt Ler og har skarpkantede Korn, er bedst egnet; derfor bruges Bakkegrus. Kornene skal være stærke og frostfaste. Kvarts foretrækkes. Man foreskriver som Regel Harpestensgrus 100/0 mm, men tolererer, at indtil 10% af Kornene er noget større end 100 mm.

Gang- og Cykelstigrus skal være Bakkegrus 15jomm-; mindst 35 Vægtprocent af Kornene bør være 15/2 mm. Gruset skal være skarpt og bindende - ca. 3 Vægtprocent Ler regnes for passende - og fuldkommen frit for Jord. Om Kalk se § 369, Ler § 370, Grussorter § 400-1.

Strøgrus (Dækkegrus) til Spredning over Veje og Gader skal svare til Gangstigrus, men maa helst være noget finere (10/0 mm) og mere lerholdigt; til Grusning af glatte Veje bør Gruset dog være saa groft, at det ikke blæser bort. Til visse Anvendelser kræves Grus med ca. 25% Rumfangsprocent Ler.

Brolægningsgrus (Brogrus) skal være Perlestensgrus med højst 10% Perlesten (10/5 mm) og højst 70% Korn 1/0 mm. Det skal være skarpt og maa højst indeholde 5 Vægtprocent Ler og ingen Lerklumper. Noget Ler gør Gavn, fordi Gruset saa bedre »staar«; lader sig trykke op om Stenen, men hvis Gruset er meget vaadt, vil Leret gøre det for levende. I Tørvej er derfor lerholdigt, i Regnvejrler frit Grus bekvemst at arbejde med. Gruset maa ikke leveres i gennemblødt Tilstand, da det saa er for levende til, at der kan arbejdes med det. I København bruges mest Havgrus (§ 398,1), paa Landet Bakkegrus.

Overtjæringsgrus er en anden Betegnelse for Strøsten.

6. Andre Anvendelser.

393. Filtersten og Filtersand i Størrelserne 25/18, 14/8, 8/5, 5/2, 2/1, 1,1/0,7 mm fremstilles hyppigst af Havgrus (§ 398,2), der vadskes og sorteres; de fineste Fraktioner tørres i roterende Tromler inden Sorteringen. Den fineste Fraktion (1,1/0,7), Reizersand, bruges i Reizerfiltre. Ogsaa Robbedale Sand og Vejle Sand bruges til Filtre (§ 401).

Bremesand til Sporvogne og Lokomotiver skal være haardt og skarpt. Københavns Sporveje forlanger Havsand, der helst skal have følgende Kornkurve:

Kornstørrelse	8-4	8-2,2	8-1,1	8-0,6	8-0,3	8-0,2 mm
Vægtmængde	0-1	10-20	20-35	75-100	94-100	98-100 %

Sandet skal være tørt - til Sandtørring bruges Roterovne fyrede med Olie eller Gas - og støvsuget. Det betales efter Vægt. Sandet pumpes ved Møen (§ 398).

Slibesand til Afslibning og Gennemskæring af Glas og Sten skal være haardt og skarpt. Man bruger Kvartssand med Kornstørrelse op til ca. 2 mm; Robbedale Sandet (§ 401) er velegnet. Endvidere bruges Klitsand (§ 399) og bornholmsk Melsand (§ 401). Se ogsaa § 236 og 240.

Blæsesand (Kvarts) til Glas- og Stenblæsning graves paa Stranden ved Simrishamn og sælges uvadsket. Med 2,74% Vand fandtes Rumvægt og Tæthed i et 50 l Kar at være ved løs Lejrning: $\rho = 1425$ kg/m³, $T = 0,537$, sammenstampet: $\rho = 1616$ kg/m³, $T = 0,626$. Det bruges i Laboratoriet for Byggeteknik efter at være tørt og have passeret et Sild med 2 mm runde Huller.

dets Litervægt (Bohme) har da været

Maskevidde	2,36	1,17	0,59	0,30	0,15 mm
Største Gennemgang	100	91,4	3,3	0,5	0,2 %
Mindste	100	69,5	0,6	0,1	0 %

1519-1539 g og dets Sammensætning

som hosstaaende angivet. Forbruget er da ca. 1100 g/Min. (§ 62) mod ca. 1650 ved Blæsning med Gulvsand. Se ogsaa § 399 under Gulvsand og 401 under Robbedale Sand.

Glassand, der bruges til Glasfremstilling, skal næsten udelukkende bestaa af Kvartskorn, af hvilke 90-95% har Størrelsen 0,125-0,4 mm; det er meget hvidt. Sandet skal være kalkfrit og næsten jærnfrit, da Jærn gør Glasset grønt. Til optisk Glas bruges Sand med mindst 99,8% SiO₂ og højst 0,02%

Fe₂O₃, til Rudeglas Sand med højst 0,2% Fe₂O₃, til grønt Glas bruges Sand med mindst 95% SiO₂ og højst 0,3% Fe₂O₃. Sand, der tages i Øresund ved Skanør paa den svenske Kyst, bruges til Sodavandsflasker (Fig. 399,1). Til farveløst Glas bruger danske Glasværker udenlandsk Sand; Rudeglasværket i Korsør brugte belgisk Sand, men der er Mulighed for, at Robbedale-Gruset, der graves øst for Rønne og bruges til Formsand, samt Aale-Gruset, der graves 20 km Vest for Horsens, kan gøres brugbare ved Knusning og Rensning. Til Glas bruges desuden Kalvebodssand (§ 399).

Gulvsand omtales i § 399.

394. Formsand skal kunne formes til en sammenhængende og dog porøs Masse. Forme til Støbejern fremstilles i Danmark overvejende af dansk Sand fra Lappegrunden (§ 399), Nordenden af Disken (§ 399), Dragør (§ 399), Robbedale (§ 401); endvidere bruges Pulversand (§ 401) og Melsand (§ 401). Til Staalstøbegods bruger Burmeister & Wain belgisk Sand. Bedst er smaa < 1 mm, skarpe Kvartskorn af ensartet Størrelse og overtrukket med en tynd Hinde af Ler eller Jærnoxid. Maksimalstørrelsen er betinget af, at Støbegodssets Overflade skal være glat; til særlig glat Gods kræves $d < 0,2$ mm.

Formbarheden og Evnen til at bevare Formen vokser med Lerindholdet, men samtidig forringes Luftgennemtrængeligheden. Helst maa Leret findes som kolloidale Partikler < 0,005 mm, der som en Hinde klæber ved Kornene og vanskeligt lader sig fjerne. Sandets Evne til at bevare Formen kan bedømmes ved Tryk- eller Forskydningsstyrken af smaa Cylindre ($h = d = 5$ cm) - se DIN Vornorm DVM 2401 - eller ved Bøjningsstyrken af smaa Stænger sammenstampede paa normeret Maade. Til smaat Gods, der støbes i vaade Forme, bruges Sand med 3-16% Ler; saadant Sand, smulrer, naar det tørrer. Stort Gods støbes i Forme, der tørres for at blive faste nok, og Sandet maa da indeholde indtil 30% Ler; saadant Sand kaldes Massesand.

Luftgennemtrængeligheden vokser med Kornstørrelsen og Kornenes Ligestorhed og med aftagende Lerindhold. Den vokser med Vandindholdet til et Maksimum, der ligger ved op imod 7% Vand, hvorefter den hurtigt aftager; tynde Vandhinder om Kornene formindsker nemlig deres Lejringsstæthed. Ved Brugen indeholder Formsandet gerne 4-6% Vand. Naar Sandet med dette Vandindhold formes til en Tærning, paa hvilken der dryppes Vand indtil Mætning, giver den optagne Vandmængde et raat Begreb om Porositeten, der dog godt kan variere uafhængigt af Luftgennemtrængeligheden (§ 29). Naar Sandet med dets normale Fugtighed sammentrykkes i en Skaal, tørres ved 110° og afkøles bør det hurtigt og fuldstændigt indsuget i Vanddraabe, der falder paa det. En bedre Bedømmelse faar man ved at stampe eller presse Sandet sammen i en Cylinder og derefter trykke Luft igennem det. Af Strømstyrken og det anvendte Tryk kan man da udregne Sandets Luftgennemtrængelighed (§ 29). Relat. Værdier kan faas ved at bestemme en Mariotteflaskes Tømmingstid, dels naar den frit kan suge Luft Ind, og dels naar Sugningen sker gennem Sandcylinderen. Om Vandindholdets Bestemmelse se § 364.

Ildfastheden skal være stor, Smeltepunktet bør ikke ligge lavere end Segerkegle 27 (1610°), og Sandet maa heller ikke ved lavere Temperaturer ændre Egenskaber, maa f. Eks. ikke indeholde Kalciumkarbonat. Det maa heller ikke indeholde Alkalier, da disse nedsætter Kvartsens Smeltepunkt (§ 52), saa Kvartskornene brænder fast paa Støbegodsset. Rimelige Maksimalværdier for godt Sand er 6% Fe₂O₃, 2,5% CaO+MgO, 0,75% Alkalier og for de nævnte Stoffer under eet højst 5-6%.

Kærnesand - til Fremstilling af Kærner - gives undertiden forøget Sammenhæng ved at mættes med Olie. For saadant Oliesand er Kornstørrelsen 0,5-0,1 mm ønskelig, med 70% liggende mellem 0,2 og 0,4 mm; Lerindholdet bør ikke overstige 1% af Hensyn til Olieforbruget. Alkalier maa ikke forekomme, da de forsæber Olien. Se Mitt. Forsch. Anst. G H H Konzern, Band 1, Heft 8 (Klingenstein).

D. Handelsvarer.

t. Benævnelser og Salgsmaade.

395. Benævnelserne Sand, Grus og Sten er definerede i § 311. Naar Grus sigtes paa en Sigte med 5 mm Huldiameter, gaar Sandet igennem, medens Stenene bliver liggende.

Der skelnes mellem (1) Havmaterialer, hvorved skal forstås saavel de Materialer, der pumpes op fra Havbunden, som de, der af Havet er aflejret paa Stranden, og (2) Bakke- eller Grusgravmaterialer (§ 312). De første benævnes i daglig Tale efter Kornstørrelsen: Strandsand, Strandgrus og Søsten, men denne Sprogbrug er tilfældig, thi det allermeste Strandsand og Strandgrus - saaledes alt det i København anvendte - oppumpes, og omvendt tages Søsten undertiden paa Stranden. I Havnebyer som København er Havmaterialerne de mest brugte. De er gerne fri for Ler, men indeholder til Gengæld Salt, navnlig Sandet med dets store Overflade (§ 377).

1) Ing. 1938, K Side 81 (S. A. Andersen).

Baade (1) og (2) sælges hyppigst efter MaaI. Sælgeren bruger Vognen som Maalekar; Materialet løber fra en Silo ned i Vognen, hvor det planeres vandret med Skovl, og Maalestreger paa Faddingen viser da Rumfanget.

Rumvægte for Havmaterialer under disse Forhold er i enkelte Tilfælde bestemt af A/S. Carl Nielsen; ved Fyldning af en 2 m³ Bil fandtes: Nøddesten, rene: 1532 kg/m³; do. Indeholdende lidt Ærtesten: 1586 kg/m³; groft Betongrus 25/0 mm: 1470 kg/m³; Skælsand: 1286 kg/m³; Kalkmørtelsand og Gulvsand menes at veje omtrent som Skælsand; Vandindholdet menes at spille en underordnet Rolle, hvis det ikke er unormalt stort eller lille. Rumvægten for Havmaterialer under andre Forhold er omtalt i § 350-1 og 354 og 359-61; om Mellemrumsprocenten se § 356-7.

Under Kørslen vil Materialet leje sig tættere. Køberen tæller Læssene, maaler enkelte af dem og lægger Middeltallet af disse Maalinger til Grund for Betalingen.

Hvadenten man køber efter Maal eller Vægt, er det varierende Vandindhold en Fejlkilde, som man ikke kommer uden om, med mindre man maaler Sandet under Vand ved Hjælp af Inundator (*Jærnbeton* 1931, § 738), som man undertiden bruger ved Afmaaling af Smaaportioner til Beton.

Hvis Materialerne tilkøres med Heste forlanges ofte, at Læssene skal være lige store og rumme 1,6 m³, hvilket er Størrelsen af et almindeligt Vognmandslæs. Hvis man ikke maaler, foretrækker nogle at fiksure Læsstørrelsen til 1,5 m³, Kørslen bliver da lidt dyrere, men man er mere sikker paa at faa, hvad man skal have. Kørselsprisen i Kr. pr. Læs laa før Krigen omkring 4 + 1,5 L, naar L er Vej længden i km.

2. Havmaterialer.

a. Sten.

396. De gængse Handelsvarer nævnes nedenfor ordnet efter voksende Finhed. De er som Regelfri og kalkfri eller kalkfattige (§ 369) samt frostfaste (§ 366).

Store Søsten, herunder Haandsten, er omtalt i § 156.

Rat kaldes de runde og glatte Sten, som Havet under Paalandsstorm kaster op paa Stranden. Undertiden defineres Størrelsen ved 80/15, undertiden ved 100/5 mm (§ 392). Ral er ingen gængs Handelsvare, men bruges lokalt ved Kystarbejder saavel til Stenkastninger som til Beton. Undertiden bruges Betegnelsen Ral ogsaa for tilsvarende Sten oppumpet fra Havbunden. Ral har forsøgsvis været brugt til Jærnbaneballast, men den ligger ikke tilstrækkelig fast. Ør er en gammel dansk Betegnelse for Ral; den genfindes i mange Stednavne, f. Eks. i Helsingør.

Søsten er den gængse Betegnelse for de tilsvarende Sten, der oppumpes fra Havbunden - i østersøen og Kattegat (ved Anholt og Hesselø) - eller graves med Maskine i Strandaflejringer, f. Eks. paa Sjællands Odde (§ 313), Strøby Strand nær Køge og ved Ørhage paa Sydspidsen af Mols. Som Regel er Materialet kalkfritl, og Sandsten træffes kun i ubetydelige Mængder; det bestaar overvejende af mørke Eruptiver, Flint og andre kiselrige Sten. Baade Hav- og Strandstenene harpes paa Rundsigte, hvorved de sorteres i hosstaaende Fraktioner, af hvilke de tre groveste navnlig bruges til Beton, men Singel 70 mm 0-35 mm 0
Nøddesten 35 » 0-15 » 0
Ærtesten 15 » 0-8 » 0
Kubikmeterprisen vokser med aftagende Stenstørrelse. Perlesten 8 » 0-5 » 0

Strandstenene harpes paa Stedet, de andre i København. Renharpningsgraden varierer en Del; i sten har jeg fundet indtil 29% Sand, men som Regel er der mindre (Fig. 396).

Perlesten, der er sorteret paa Rundsigte i deres naturlige, fugtige Tilstand, indeholder altid Sand. Nogle Leverandører sortere paa Rysteharpe (800-1800 Dobbelbevægelser pr. Min.) under Overbrusning med Vand hvorved Sandet skylls bort. Strøsten til tjærede Veje bør altid harpes paa denne Maade.

De nævnte Stens Egenskaber omtales andetsteds: Definition § 311, Vægtfylde § 346, Rumvægt og Tæthed § 350-1, 360-2, 395, Vandindhold § 360 og 363, Skræntvinkel § 362.

1) I Ærtesten fra Møen fandt jeg 2% Kalk, men de plejer at være kalkfri.

Fig. 396 viser 4 Kornkurver for Ærtesten og 9 for Nøddesten bestemt i Laboratoriet for Byggeteknik.

Fakse-Stenene er pumpede i Faksebugten ud for Rødvig. Ved Gjerrild paa Nordkysten af Djursland nær Grenaa tages for Tiden Sten, da man paa Grund af Krigsforholdene er afskaaret fra at tage dem ved Ørhage. Møen-Stenene er omtalt i § 346 (Vægtfylde) og 359-60 (Rumvægt). Stenene fra Sletterhage ligger paa Sydspidsen af Helgenæs paa Mols - er ret smaa. Stevns-Stenene er omtalt i § 361. Strøby-Stenene er mer eller mindre røde og indeholder en Del Halvskærver, da de store Sten er formindskede ved Knusning. Af saltsyreopløseligt Stof fandtes 0,17%. Ørhage-Stenene var forud harpede, saa de kun indeholdt Sten 3015 mm. De har en meget retliniet Kornkurve. De absorberer 3 em³ Vand pr. kg (§ 364).

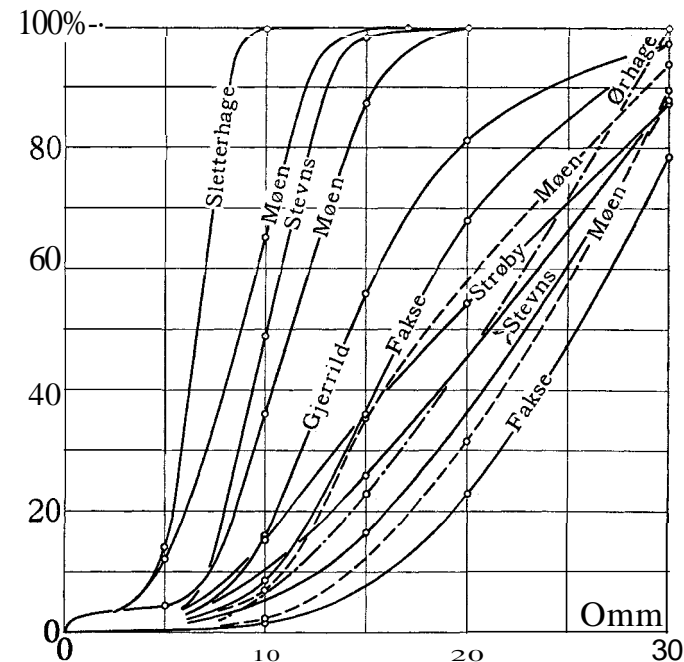


Fig. 396. Hav-Ærtesten og Hav-Nøddesten.

b. Grus.

397. Pumpning og Sortering. Om Bord paa Sandpumperen kan man fjærne den Del af Gruset, der er grovere og finere end ønsket, og lade denne Del gaa over Bord igen. Hertil bruger A/S Carl Nielsen det paa Fig. 397 skematisk viste Apparat (Dansk Patent Nr. 47131). Det fra Havbunden kommende Pumperør har en Udvidelse A, der bevirker, at de fineste Partikler føres ind i Røret B og tilbage til Søen og kun de grovere udgydes over Harpen C, der fjærner de største Sten. Den resterende Grusmængde strømmer gennem Harpen ned paa Skraaplanet D og ved dettes Fod E ind i et tragtformet Kar, der kan rumme 20 Tons Grus, og i hvilket der sker en ny Sortering, idet den groveste Del af Gruset bundfældes, medens Vandet og de fineste Korn flyder ud over Overløbet til Renden 'Kog' videre ud i Søen. Karret er ophængt i en gaffelformet Vægtstang FHI, der vipper om det faste Punkt H og bærer Karret i I, hvilket den kan, fordi Enden bærer Kontravægten F, Hvis Karret sænker sig, hæves Punkterne G og L omtrent lige meget, og Bundventilen N vil følgelig aabne sig, saa Gruset kan løbe ned i en lille Tank, fra hvilken det pumpes til Lasterummet. Ventilen aabner sig, naar Karret har optaget en vis Grusmængde, og vil derefter automatisk svinge om denne Stilling, saaledes at Grushøjden i Karret holder sig konstant. Ved at flytte paa Kontravægten kan Grushøjden vælges efter Ønske; vælges den stor, bliver Vanddybden over den lille og det bundfældede, Grus derfor groft; vælges den mindre, bliver Grusets Middelnørrelse forringet.

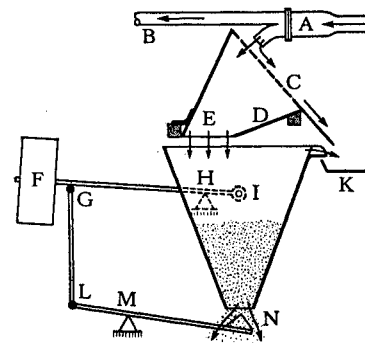


Fig. 397.

den 'Kog' videre ud i Søen. Karret er ophængt i en gaffelformet Vægtstang FHI, der vipper om det faste Punkt H og bærer Karret i I, hvilket den kan, fordi Enden bærer Kontravægten F, Hvis Karret sænker sig, hæves Punkterne G og L omtrent lige meget, og Bundventilen N vil følgelig aabne sig, saa Gruset kan løbe ned i en lille Tank, fra hvilken det pumpes til Lasterummet. Ventilen aabner sig, naar Karret har optaget en vis Grusmængde, og vil derefter automatisk svinge om denne Stilling, saaledes at Grushøjden i Karret holder sig konstant. Ved at flytte paa Kontravægten kan Grushøjden vælges efter Ønske; vælges den stor, bliver Vanddybden over den lille og det bundfældede, Grus derfor groft; vælges den mindre, bliver Grusets Middelnørrelse forringet.

Kommer Sugerøret ned i et Lerlag, standser Bundfældningen i Karret, hvorved dette bliver lettere og hæver sig, saa Bundventilen lukkes og holder sig lukket, indtil Sugerøret atter er stødt paa Grus af den ønskede Kornstørrelse. 'Pumpe-røret er saa vidt og Pumpningen' saa kraftig, at indtil 50 kg tunge Sten kan blive ført op med Skyllestrømmen.

De Grussorter, der er 'gængse Handelsvarer, er næsten' alle Ærtestensgrus (15/0 mm) og indeholder som Regel over 90 % Sand; kun Taarbækgruset leveres ogsaa som Nøddestensgrus.

Harpen C har Masker, hvis Vidde er 50 mm eller mindre, dog mindst 15 mm. Overstiger Vidden 15 mm, bliver de Sten, der er større, ofte frasorteret i Land (§ 396).

Skal dmaks være mindre end Skibsharpens Maskevidde, foretages Sorteringen i Land, eller ogsaa pumper man Gruset paa Steder, hvor grovere Korn ikke forekommer.

398. Handelsvarer. 'De Grus- og Sandsorter, "der er gængse Handelsvarer, sælges under forskellige Navne, der undertiden angiver Pumpestedet, undertiden Grovheden eller Anvendelsen; undertiden er de af anden Oprindelse. De vindes alle ved Pumpning¹⁾, og de, er i det følgende ordnet efter Pumpestedet, begyndende med Taarbækgruset, som er det Grus, der hyppigst bruges, og som kan faas i flest Sorteringer.

(1) Taarbækgrus tages mellem Taarbæk og Rungsted, ofte paa Stubben nær Taarbæk Bøje; det er kalkholdigt. Det sælges som:

Nøddestensgrus <25 mm D	Ærtestensgrus <15 mm D	Groft Perlestensgrus <10 mm O	Fint- Perlestensgrus <8 mm D
----------------------------	---------------------------	----------------------------------	---------------------------------

Nøddestensgruset, der nu sælges under Navnet »Betongrus« og tidligere har været kaldt »Kisel-grus« eller »Harpet Kisel«, indeholder kun ca. 15% Sten 25/5 mm; 4 Kornkurver er tegnet paa Fig. 398. Det bruges som Sand ved Fremstilling af grov Beton - Singelbeton - ilar man tolererer, at Betonens Stenholdighed varierer; endvidere bruges det som Ballastgrus. Vægten er 1470-1560 kg/m³. Ærtestensgruset bruges som Sand ved Fremstilling af saavel Grovbeton som Jærnbeton. 4 Kornkurver er tegnet øverst paa Fig. 398; der ses at være højst 7% Sten; i én af disse Prøver var Kalkindholdet 12%. For Sandet i daarlign, middelgodt og ekstragodt Grus er fundet de tre Kornkurver, der er tegnet paa Fig. 398,1; Styrkeindexet er henholdsvis 178, 193 og 210. Groft Perlestensgrus sælges under Navnet Brolægning-grus eller Brogrus (§ 392). Fint Perlestensgrus, der nu sælges under Navnet »Finharpet Grus« og tidligere kaldtes »Dobbeltharpet Grus«, bruges som Sand til Beton, naar man lægger Vægt paa, at Betonens Stenholdighed ikke varierer. Undertiden kræves, at 50% af Gruset skal være grovere end 1 mm.

Gruset fra Taarbæk, Stubben, Rungsted omtales desuden følgende Steder: Vægtfylde § 346, 359; Rumvægt og Lejringsstæthed § 350, 359-61; Indhold af Kalk § 369; af porøse Korn § 364; rødligt Grus fra Stubben § 312. Sandet 5/0 mm i Rungsted Grus fand-

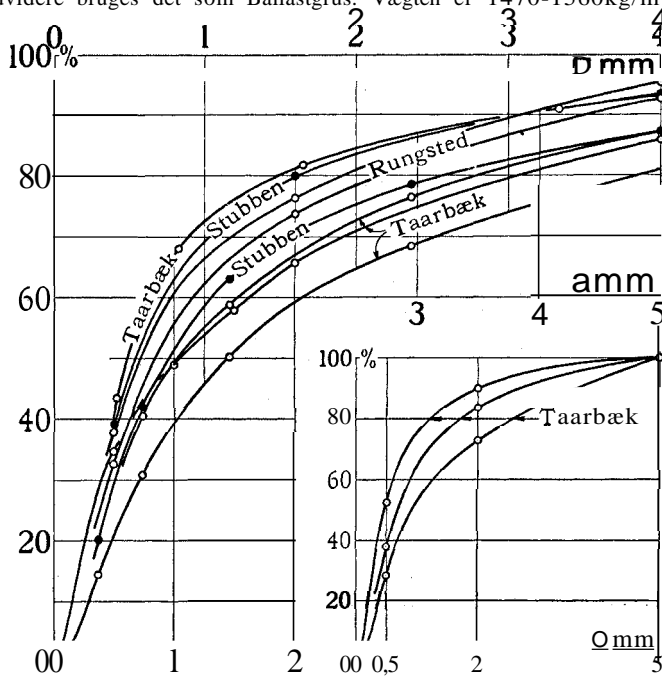


Fig. 398. Grus fra Taarbæk-Rungsted. Fig. 398,1. Sand fra Taarbæk.

¹⁾ Strandgrus og Strandsand er ikke Handelsvarer (§ 395). Grovheden kan variere stærkt; blandt 7 Prøver taget nær Thyborøn fandtes den maksimale Kornstørrelse at variere fra 1,2 til 12 mm og Abrams' Grovhedstal fra 1,1 til 4,4. Se ogsaa § 399.

tes at indeholde 14,2% saltsyre-opløseligt Stof. Det er velegnet til Kalkmørtel (§ 399). Fig. 311 viser Sand fra Rungsted.

(2) Møengrus, der pumpes en lille Mils Vej nord for Møen, er Ærtestensgrus indeholdende indtil 20% Sten >5 mm. Det er kalkfrit og meget skarpt. Gruset bruges til Beton, medens Sandet bruges til Puds, Filtre samt i ovntørret Tilstand som Bremse-sand. 2 Kornkurver for Gruset findes paa Fig. 398,2, en for Sandet i middelgodt Grus paa Fig. 398,3; dette Sandhar Styrkeindex 185.

(3) Køgegrus, der tidligere pumpedes nær Køge, var Ærtestensgrus bestaa-

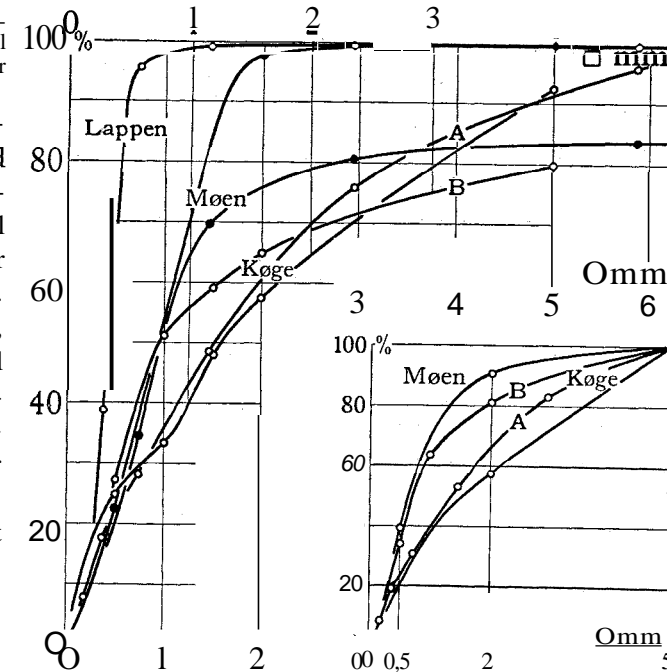


Fig. 398,2. Grus fra østersøen. Fig. 398,3. Sand fra østersøen.

ende af meget groft Sand med 10-20% Sten. Det leveres ikke mere, da Kystfredningen forbyder at tage Grus det paagældende Sted. 3 Kornkurver for Gruset findes paa Fig. 398,2; 3 Kurver for Sandet er tegnet paa Fig. 398,3 (de to A-Kurver er sammenhørende; de to B-Kurver ligesaa). Vægtfylde § 346.

(4) Kalvebodgrus, der tages i den sydlige Del af Kalveboderne, er Ærtestensgrus, ret groft, men mer eller mindre lerholdigt. Det bruges mest som Vejgrus, men ogsaa til Beton. Undertiden kan det være for lerholdigt til Brug i cementrig Beton; i plastisk Beton 1: 2: 3 har det saaledes foranlediget gabende Svindrevner et Par Timer efter Udstøbningen.

Sandets Kornkurve fremgaar af følgende Tabel stammende fra Undersøkelser rörande R. Fere's metod för Cementprofningar udförda af Skandinaviska Portlandcementfabrikantflöreningen, Malmö 1899, S. 13. Saafremt Sandet fra Kalveboderne og Sønderø har indeholdt Korn større end 5 mm, er de bortkastede, men det, har utvivlsomt været uvæsentlige Mængder:

Sand fra:	Vf.	Kornstørrelse mm		
		5/2	2/0,5	0,5/0
Kalveboderne, Kvarts, runde Korn	2,64	11	79	10%
Sønderø, kalkholdigt, Korn af uens Form	2,63	15	52	33 »
Vesterhavsklitter, Kvarts, runde Korn	2,65	0	15	85 »

Fint Sand, der tages i Kalveboderne, er omtalt i § 399.

(5) Helsingørgrus, der pumpes paa Lappegrunden nord for Helsingør, er saa stenfattigt og finkornet, at det er uegnet til Beton. Det sælges under Navnet Skælsand (§ 399) og bruges til Muremørtel. Om Vægtfylde; Rumvægt og Lejringsstæthed se § 346 og 360.

(6) Hornbækgrus er grovere, men ogsaa næsten stenfrit. 2 Kornkurver er tegnet paa Fig. 398,4.

(7) Aarhusgrus pumpes ved Samsø og sælges som »Groft Betongrus« i Aarhus og andre østjydske Havne. Det er kalkfrit. En Kornkurve for særlig godt Grus er tegnet paa Fig. 398,4. Naar man af Aarhusgrus bortskyller ca. 1/4 af Sandet, faas det nedenfor omtalte Samsøgrus.

(8) Samsøgrus pumpes ved Samsø og skylles straks frit for de finere Korn, som det ikke kan betale sig at sejle langt med, saa Hovedmassen (indtil 87 0/0) faar Størrelsen 2-10 mm; en Kornkurve er tegnet paa Fig. 398,4. Det har kantede Korn, er kalkfrit og dobbelt saa dyrt som alm. Betongrus. Blandet med Perlesten bruges det til Grusning af tjærede Veje og som Gangstigrus; blandet med middelfint Sand bruges det til Beton. Vægtfylde § 346. Rumvægt § 360-1.

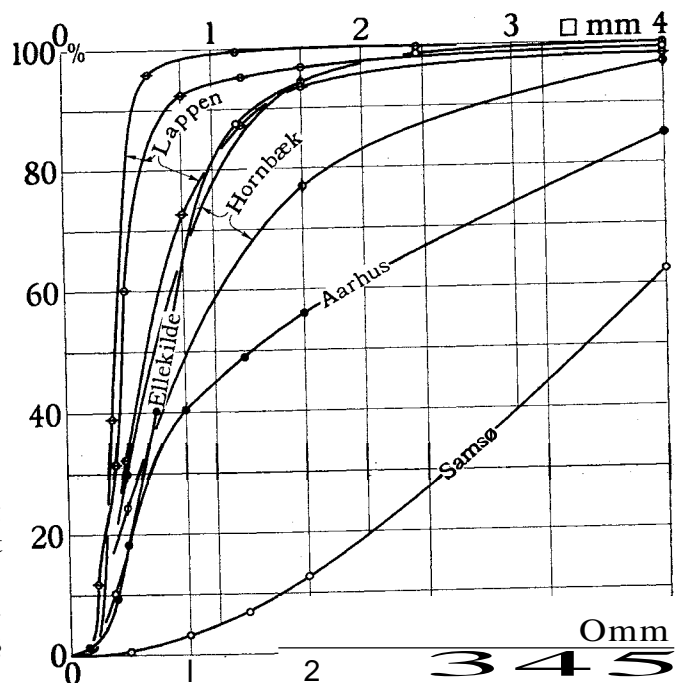


Fig. 398,4. Grus og Sand fra Kattegat.

c. Sand.

399. De Sandsorter, der sælges i København, er nævnt nedenfor i en Rækkefølge, der nogenlunde svarer til den Rækkefølge, i hvilken d_{maks} aftager.

Filtersand 5/2, 2/1 og 1,1/0,7 mm se § 393.

Betonsand 5/0 mm af god Kvalitet er ingen Handelsvare; man erstatter det med Ærte- eller Perlestensgrus, som forklaret i § 386.

Bremsesand 4/0,6 mm se § 393.

Simrishamnsand (ca. $3-\frac{1}{2}$ mm) er et rødligt svensk Sand, der bruges til Sandblæsning og Filtre; se under Blæsesand (§ 393).

Blæsesand og Slibesand 2/0 mm se § 393 og nedenfor under Gulvsand.

Ellekildehage Sand (Fig. 398,4) bestaar overvejende af Korn 2/0 mm. Det bruges til Forillgslaget i Bonnarør, da det er kalkfrit, og da Indholdet af meget fine Korn menes at være ringe.

Cementmørtelsand eller Skælsand bestaar overvejende af Korn 1/0,2 mm. Det pumpes paa Lappegrunden nord for Helsingør og passerer en Sigte med 4 mm Maskevidde, inden det gaal' i Lasten; det er dog kun forsvindende Mængder, der frasigtes. Sandet er kalkfrit. 3 Kornkurver er tegnet til venstre paa Fig. 398,4; den øverste af dem er gentaget paa Fig. 398,2; den midterste af dem er gentaget yderst til højre paa Fig. 399¹⁾, hvor ogsaa en 4' Kornkurve er indtegnet. For denne sidste er Grovhestallet k_4 (§ 343) lig 0,118. Rumvægt § 395. En Overgang har det været forhandlet under Navnet »Betonsand«. Det er for kalkkrævende til Kalkmørtel (§ 375), bortset fra Mørtel til Fugning (§ 378). Det bruges meget til Muring og Pudsning med Cement af Grunde, som omtales i

1) E. Suenson: Humusholdigt Sand som Mørtelmateriale (Ing. 1922, S. 569).

§ 379, derimod ikke til Beton, medmindre Overfladen skal være meget glat. Endvidere bruges det som Formsand og i Legekasser.

Ordet Skælsand har en usikker Oprindelse. Skæln betyder paa gammelt Dansk at understryge Tage, maaske i al Almindelighed at fuge, og nogle mener, at Ordene Skælske og Skælsand stammer herfra.

Ordet bruges ogsaa i Jylland, og det siges, at man der foretrækker Glimmersand med en lignende Kornstørrelse til de nævnte Formaal. Det er derfor tænkeligt, at Navnet stammer fra Glimmerskællene. Det vilde være i Overensstemmelse med Molbechs Angivelser:

Skælsand: Sand blandet med smaa Skæl eller Muslingskaller.

Skælkalk: (1) en fin Kalk, som brændes af Skæl eller Muslinger; (2) stærkt bindende Kalk, blandet med Grus og Haar, hvormed Tage understryges.

I Norge bruges Ordet *Skjellsand* om Istidsaflejringer af knuste Muslingskaller. Disse har tidligere været brugt i Oslo til Fremstilling af en let Beton (ca. 1200 kg/m^3), der udstøbtes som varmeisolerende Materiale paa Betontage og som Afrenningslag paa Betongulve under Linoleum, men i Husbygningen er det nu afløst af Bims. Derimod anvendtes det nylig paa tilsvarende Maade af Professor Brandtzæg ved Bygningen af Haugesundbroen.

Formsand 1/0 mm. se § 394.

Kalkmørtelsand har overvejende Kornstørrelse 0,5/0 mm; det tages paa Disken syd for Hejsingør. Ved en enkelt Analyse fandtes 0,6% i Salt-syre opløseligt Stof. Se § 374-8. Rumvægt § 395.

For Kalkmørtler indeholdende 8% Ca(OH)_2 fandtes i Laboratoriet for Byggeteknik Styrken at variere med Sandsorten paa følgende Maade:

	Sb i at efter Uger			Se i at efter Uger		
	1	4	12	1	4	12
Sand fra Disken	6,4	18,8	24,5	8,1	38,6	49,4
» » Rungsted	7,5	18,1	26,2	11,9	48,6	63,7
» » Vassingerød	7,8	22,0	30,6	12,9	52,7	68,8

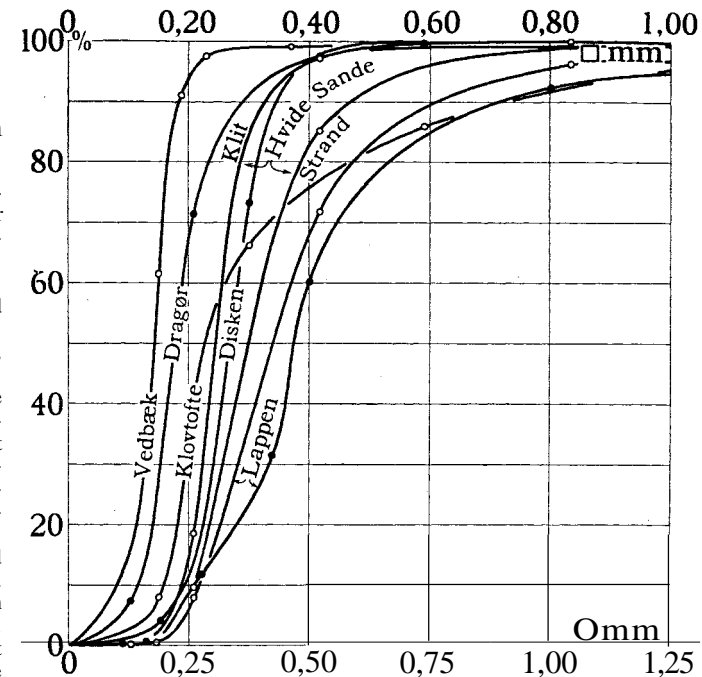


Fig. 399. Sand.

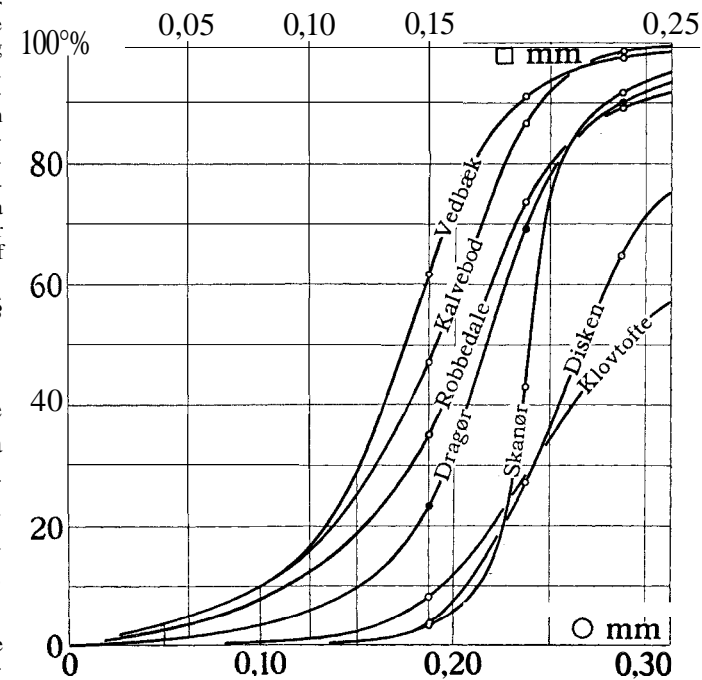


Fig. 399,1. Fint Sand.

De tre Sandsorters Kornkurver bestemte med kvadratiske Masker er indført nedenfor. Sandet fra Disken er tegnet i Fig. 399; Sandet fra Vassingerød er udvundet af Gruset paa Fig. 400 ved at lade dette passere et Sild med 5-mm Huldiameter.

	<4,70	<2,36	<1,17	<0,59	<0,30	<0,15 mm
Sand fra Disken			100	99,8	73,2	4,3%
» » Rungsted	100	89,4	72,9	52,1	23,0	3,0»
» » Vassingerød	100	93,0	83,0	68,5	40,4	11,8»

Det Sand fra Disken, hvis Kurve er tegnet paa Fig. 399,1, er finere end det til Forsøgene brugte.

Finsand og Hvidsand kalder man Kwartssand, der er meget finkornet og derfor meget hvidt. Finsand er defineret i § 311. Nogle Sorter bruges som Gulvsand (se nedenfor), andre, som det bornholmske Melsand (§ 401), bruges som Formsand og Slibesand.

Gulvsand er finere end Kalkmørtelsand og derfor i tør Tilstand hvidere. Det pumpes ved Dragør og i Kalveboderne (se nedenfor) og bruges som Strøsand paa Gulve, som Formsand og som Blæsesand ved Rensning af Facader (§ 135). En Kornkurve for Dragør Sander tegnet paa Fig. 399; beregnes Grovhestallet k_4 (§ 343), findes 0,061. Fig. 399,1 viser et endnu finere Sand.

Ved en tredje Undersøgelse af Gulvsand fandtes hosstaaende Værdier. Rumvægten i Maskevidde 0,59 0,30 0,15 mm tør Tilstand bestemt med Bohmes Liter var Vægtmængde 16,0 80,2 3,8 % 1474 g/l, se § 395.

Klitsand er finere end Strandsand. Paa Fig. 399 er indtegnet Kurver for Klitsand og Strandsand fra Hvide Sande; Grovhestallet k_4 (§ 343) er henholdsvis 0,082 og 0,102. Klitsand bruges undertiden som Slibesand (§ 59). Det er ogsaa omtalt i § 398 og 380.

Glassand 0,4/0 mm og Skanør Sand se § 393.

Balka Sand fra Stranden syd for Neksø er et andet fint, hvidt Kwartssand.

Kalvebød Sand (Fig. 399,1) er et meget fint og hvidt Kwartssand, der pumpes i Kalveboderne og bruges som Glassand og Gulvsand.

3. Bakkematerialer.

400. Bakkematerialer bruges især paa Landet, i København fordyres de af den høje Jærnbane-fragt, saa det kun kan betale sig at bruge dem i Kvarterer, der ligger langt fra Vandet. De er mer eller mindre kalkholdige (§ 369) og lerholdige (§ 370).

Sorteringen sker i mer eller mindre god Overensstemmelse med § 313-15. De af A/S Grusgravens Salgskontor repræsenterede store Grusgrave ved **Hedehusene**, Roskilde og Nymølle sorterer som angivet paa næste Side.

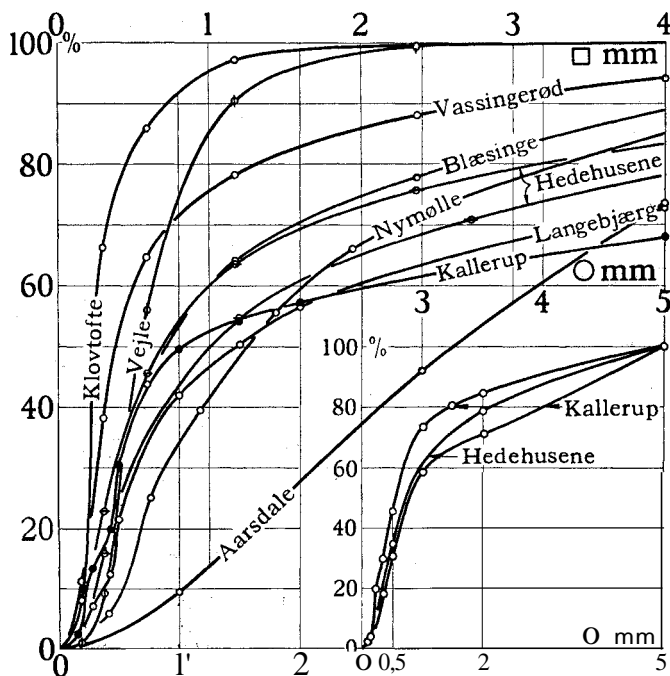


Fig. 400. Bakkegrus.

Fig. 400,1. Bakkensand.

De sorterede Materialer bruges navnlig til Vejbygning (§ 392) og Beton.

De er omtalt følgende Steder: Rumvægt og Lejringsstæthed § 351, 354, 356-8, 360; Frostfasthed § 366; Kalkmørtelsand § 375-8; Betongrus § 384-90.

En Kornkurve for Nøddestensgrus fra Hedehusene er tegnet paa Fig. 335, men saadant Grus er ikke almindelig Handelsvare.

Ærtestensgruset er Hovedvaren, som bruges til Beton og som Gangsti- og Strøgrus. Undertiden tages Betongrus fra lerfattige Steder i Graven, Gangstigruset fra lerrige, men som Regel er det eet og samme Materiale).

Kornkurver for Ærtestensgrus fra Hedehusene, Nymølle og fra den nu nedlagte Kallerup Grusgrav ved Nymølle er tegnet paa Fig. 400. For Sandet i Hedehusgrus og Kallerupgrus er Kurver tegnet paa Fig. 400,1. Kallerupgruset er omtalt i § 346 og 349².

Perlestensgrus bruges som Ærtestensgrus.

Finharpet Grus bruges til Fugemørtel (§ 378), grov Puds og tyndvægede Cementvarer. Om et tilsvarende Havmateriale se § 398.

Vadsket Sand bruges til Vejbygning.

401. Af Materiale fra andre Steder skal nævnes:

Feldspatgrus fra Aarsdale paa Bornholm (§ 157) bestaar af røde !{orn med Størrelse ca. 15/0 mm og bruges som Gangstigrus og til Betonfliser. Det sælges uvadsket, og da det indeholder Humussyre (§ 371), maa det vadskes, hvis det skal bruges til Fliser. En Kornkurve for Grus 10/0 mm findes paa Fig. 400. Til Flisestøbning blandes det undertid med 15% Hvidsand. Om Feldspatgrus i Almindelighed se § 368.

Langebjerg Gruset, der bruges til Beton, er ogsaa tegnet paa Fig. 400. Sandet i det har samme Kornkurve som Sald fra Hedehusene (Fig. 400,1).

Blæsing Grusgrav ved Slagelse leverer Grus til Cementvarer (Fig. 400).

Farum Grusgrav, der ligger i Vassingerød, er ligesom Gravene ved Hedehusene Leverandør til København. Ærtestensgruset er omtalt i § 369.

Vassingerød Sand, hvis Kornkurve er tegnet paa Fig. 400, graves i samle Grav og bruges i København til Facadepuds; det indeholder 11% Stoffer, der er opløselige i Saltsyre. Det er noget finere end Taarbækgruset (Fig. 398). Det giver en meget stærk Kalkmørtel (§ 399).

Normalsand kaldes det Sand, der bruges ved Normprøvning af Cementstyrke. I de fleste Lande bestaar det udelukkende af Kvarts. Hvis Prøvningen sker under Anvendelse af jordfugtig Mørtel, bruges enskornet Sand med ca. 1 mm Tværmaal; i Danmark bruges tysk Sand. Prøves med plastisk Mørtel, bruges som Regel Sand indeholdende flere Kornstørrelser.

Vejle Sandet fra Grejsdalen (Fig. 400) bestaar hovedsagelig af Korn 1,2/0,3 mm. Det indeholder ca. 97% SiO₂, lidt Feldspat og Glimmer, kun ganske lidt Jærn (0,08% Fe₂O₃) og noget Humus, der let bortvadskes. Det bruges som Filtersand og til Cementvarer.

Robbedale Sand, der graves øst for Rønne, har Kornstørrelsen 2/0,5 mm og bestaar af ca. 99% SiO₂ og ca. 1% Kaolinstøv. Det bruges til Sandblæsning og som Filtersand (vadsket). Se ogsaa næste Side.

Klovtofte Sand er et uharpet, men finkornet Sand fra en Sandgrav ved Taastrup; det bruges undertiden til Finpuds. Kornkurven er tegnet paa Fig. 400, 399 og 399,1.

1) Oplysninger om dette Grus findes i E. Suenson: Bakkensand som Mørtelmateriale (Ing. 1920, S. 729).

2) Se ogsaa: E. Suenson: Humusholdigt Sand som Mørtelmateriale (Ing. 1922, S. 565).

Bornholmsk **Melsand** er et meget fint, kridhvidt Sand, der indeholder ca. 98% SiO₂. Det graves ved Robbedale under det grove Sand. En Kornkurve er tegnet paa Fig. 399 1. Det bruges som Formsand til Staalstøbegods (§ 393), Slibesand til lithografiske Sten og som Glassand.

Pulversand kaldes forskellige meget fine Sandsorter, der bruges som Formsand. Til Beton sættes undertiden nogle faa Procent af saadant Sand for at bøde paa Strandsandets Mangel paa fine Korn. Det leveres bl. a. fra en Grusgrav nær Vedbæk. En Kornkurve er tegnet paa Fig. 399 og 399,L.

SAGREGISTE R

A		B		C	
			§		§
Aanding	38	Asfaltbændler	274	Blyfuger se Mørtel	
Åstorp Gneis	160	Asfaltering	139	Blyhængsler	260
Abrasit	20	Astrakanit	117	Boarts	20
Adular	21	Augit	16	BohusUin Granit	158
Afbaning	243	Avantfluat	149	Boisjourdant	209
Afdækning se Dæksten				Bordplader	26, 132, 182, 189
Affasning	256			Bordursten se Kantsten	
Afsanding	118			Boremuslinger	136
Afspidsning	243	Bagstøbning 251-2, 255, 258-9, 275-7		Boring	230
Afsyring 108, 132, 135, 265		Bakkesand se Grus fra Bakker		Bornholmsk Grus se Grus fra	
Afvadskning se Vadsk		Bakterieangreb	137	Bornholmsk Marmor	194
Agat	21	Ballangen	205	Borts	20
Aggregat	6	Ballas	20	Botticino	211
Aitkens Konioskop	134	Ballast 305, 392, 398		Bottna Granit	158
Al	176	Balustre	248, 144	Bozen Porfyrr	161
Alabast	18, 21	Bardiglio	210	Brandisolering	223
Albit	14	Baryl	143	Brandsikkerhed	51, 220
Alexandrit	20	Basalt	163-4	Breeciato	210
Alger	136	Bausehingers Slibeskive	59	Breecie	6
Allinge Granit	157	Bauxit	163	Breeciemarmor	202
Almindingen Granit	157	Bearbejdighed	53	Breche clair	205
Aloxite	379	Behugning se Hugning		Breche du Mer	206
Aluminiumfluat	149	Beilbylag	54	Breche rosé	205
Aluminiumacetat	44	Beklædningsplader se Plader		Bredvad Porfyrr	161
Aluminium-Magnium-Palmitat	41	Beklædningssten	250-80	Bremersandsten	178
Aluminiumstearat, -sæbe	44	Belgisk Granit	159	Brobygningsten	258-60
Alunskifer	182	Belgisk Marmor	207	Broget Sandsten	177
Alviano Travertin	199	Benzin, Benzol	39	Brohængsler	83-4, 260
Amazonsten, Ametyst	21	Beryl	20	Bronze-Ankre	269
Amfibol	16	Betonbroer	258-60	Brosten	289-91
Amfibolperidotit	168	Betonhuse 265, 268, 274		Brostensemer	289
Amning	156	Betonmaterialer 306-9, 166, 380-91, 226		Brownske Bevægelser	333
Amylacetat	40	Betonpiller	257-8, 261	Brudflade	66
Aney-Ie-Frane	209	Betontrapper	283-7	Brudforlængelse	87
Andesit	166	Bianco cristallino	212	Brudfugtighed	53, 98
Andrarumkalk	194	Biggert	243	Brudsten, raa	297
Anhydrit	18, 368	Bims	169, 171, 29	Brugsformer	249
Ankre	258, 263, 269-73, 146	Bindere se Murværk, Forbandt		Brugsomraade	22
Anortit	14	Biotit	15	Brune Skjolder	132, 105
Antique fonee, verdatre	205	Bittersalt se Mursalte		Brunflo	200
Antrakonit	194	Bitugranit	303	Brunjærnsten	19
Aplit	152	Bituminøse Kalksten	193	Brydning	229-35
Aquaflint	149	Bitumonas, Bitusal	224	Bryozokalk	198
Aqualae	42	Bjærgarter	1	Bundsten	392
Aquamarin	20	Bjærgkrystal	21	Bygningssten	249-81
Arbagit	42	Blake Knuser	293	Bænke	157, 229
Arbejdsmaalet	242	Blane clair	210	Bærehøjde	71
Arkose	174	Blane de Jaroskov	212	Bærelængde	222
Arnagerkalk	194	Blane de Vyskoviee, ivoir	212	Bohmes Liter	350-1
Arni alto	211	Blane P	210	Bohmes Slibeskive	59
Arter af Sten	1-4	Blandingsskærver se Skærver		Bøjningselasticitet	88, 50
Artsbestemmeise	7-11	Blegekridt	194-5	Bøjningsforsøg	86, 88, 90
Asbest	220-5	Bleger	195	Bølgetromle	299-300
Asbestcement	225, 265	Bleu belge	207	Børsteorme	136
Asbestine	220	Bleu turquin	210		
Asbestmaling	217	Blokmaal	253, 258, 261		
Asfalt	56, 60, 63, 190, 223-4	Bly, Blycement	144		
se Dammann		Blyfluat	149		

