

Teglstens-pillers trykstyrke og sammentrykkelighed når hveranden sten er stærk og hveranden svag

E. Suenson

Tidsskrifter

Ingeniørvidenskabelige Skrifter. nr. 01. 1951

1951

INGENIØRVIDENSKABELIGE SKRIFTER

1951 Nr. 1

TEGLSTENS-PILLERS
TRYKSTYRKE OG SAMMENTRYKKELIGHED

NAAR HVERANDEN STEN ER STÆRK OG HVERANDEN SVAG

AF
PROFESSOR E. SUENSON

With an English Summary



AKADEMIET FOR DE TEKNISKE VIDENSKABER
OG
DANSK INGENIØRFORENING

I KOMMISSION HOS
G. E. C. GAD
VIMMELSKAFTET 32
KØBENHAVN K

AKADEMIET
FOR DE
TEKNISKE VIDENSKABER

ACADÉMIE
DES SCIENCES TECHNIQUES

AKADEMIE
DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

ACADEMY
OF TECHNICAL SCIENCES

KØBENHAVN
DANMARK

TLF. BYEN 3580, ØSTER VOLDGADE 10, KBH. K.

INGENIØRVIDENSKABELIGE SKRIFTER

1951 Nr. 1

TEGLSTENS-PILLERS
TRYKSTYRKE OG SAMMENTRYKKELIGHED

NAAR HVERANDEN STEN ER STÆRK OG HVERANDEN SVAG

AF
PROFESSOR E. SUENSON

With an English Summary



AKADEMIET FOR DE TEKNISKE VIDENSKABER
OG
DANSK INGENIØRFORENING

I KOMMISSION HOS
G. E. C. GAD
VIMMELSKAFTET 32
KØBENHAVN K

AKADEMIET
FOR DE
TEKNISKE VIDENSKABER

ACADEMIE
DES SCIENCES TECHNIQUES

AKADEMIE
DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

ACADEMY
OF TECHNICAL SCIENCES

KØBENHAVN
DANMARK

TLF. BYEN 3580, ØSTER VOLDGADE 10, KBH. K.

INDHOLD.

	Side
Indledning	5
I. Forforsøg vedrørende Teglstens Ensartethed.	
A. 4 Teglværkers Flamsten	7
B. Flamsten fra Teglværk D	8
C. Gule Sten » » »	9
D. Styrke, Rumvægt, Længde, Klang, Haardhed	10
II. Hovedforsøgene.	
A. Molerstenene	
Længde, Vægt, Vandoptagelse, Styrke	17
Arbejdslinier og Elasticitetstal	21
Cylindre. Tryk \perp Stenens Lejeflader	21
Hele Sten. Tryk paa Kopfladen	25
Cylindre. Tryk \neq Stenens Længderetning	27
B. Teglstenene	
Længde, Vægt, Vandoptagelse, Styrke	30
Arbejdslinier og Elasticitetstal	32
Cylindre. Tryk \perp Stenens Lejeflader	32
Hele Sten. Tryk paa Kopfladen	34
Sammentrykningens Fordeling over Stenlængden	34
Hovedforsøgene	35
C. Mørtlerne	
Fremstilling	37
Den hærdnede Mørtels Rumvægt, Styrke og Vandindhold	38
D. Pillernes Fremstilling	40
E. Pillernes Vandindhold	43
Vandprocenterne i Skal og Kærne	43
De gennemsnitlige Vandprocenter i Lejefuger og Sten	45
Pillernes gennemsnitlige Vandindhold	47
F. Pillernes Maal, Fugetykkelse og Rumvægt	48
G. Elasticitets- og Styrkeforsøg	50
H. Pillernes Arbejdslinier og Elasticitetstal	53
1951	3

	Side
I. Pillernes Brudmaade	
Skadernes Rækkefølge og Skadespændingernes Størrelse	
Skadernes Rækkefølge	56
Mørtelartens Indflydelse	58
Stenartens Indflydelse	59
Revner i Stenene	
Oversigt over Revnedannelsen	
Revnernes Form	62
» Dannelse	63
1' Revne	64
Antal revnede Sten efter Brud	64
Revner i M- og F-Pillerne	
1' Revne	65
Antal Løbere med Midterrevne efter Brud	66
Antal revnede Sten efter Brud	67
Revner i Blandingspillerne	
1' Revne	68
Antal Løbere med Midterrevne efter Brud	71
Antal revnede Sten efter Brud	73
K. M- og F-Pillernes Styrke	76
L. Blandingspillernes Styrke	
Forsøgsværdierne	79
Hypotetiske Styrker for vilkaarlige Værdier af S_M : S_F	
S_{Bl} : S_{Middel}	79
S_{Bl} : S_F og S_{Bl} : S_M	82
Simple Formler for S_{Bl}	85
Kritik af Resultaterne	
Har M- og F-Pillernes absolutte Styrke Betydning?	85
Gælder Resultaterne for helt ensartede Sten?	86
M. Styrkekrav til Teglsten	87
Sammenfatning	89
English Summary	104
Litteraturliste	107

INDLEDNING.

I Leveringsbetingelser for Teglsten plejer man at foreskrive Minimumsværdier saavel for Middelstyrken som for den svageste Stens Styrke. Er Middelstyrken givet, vil man naturligvis foretrække, at alle Stenene har denne Styrke, fremfor at Enkeltværdierne er uens; navnlig spiller det en Rolle for spinkle Piller, da det ved Opmuringen af disse let kan ske, at et Skifte kun kommer til at indeholde svage Sten, hvis Styrke derfor bliver afgørende for Pillens.

I hvilken Grad Murværks Styrke paavirkes af Stenenes Uensartethed er i saa ringe Grad eksperimentelt undersøgt, at man er henvist til at skønne. Hvis der i et vandret Skifte indgaar forskellige Teglstenskvaliteter, der brugt hver for sig vilde give Murværksstyrkerne $S_1, S_2, S_3 \dots$, og hvis de optager $p_1, p_2, p_3 \dots$ % af det vandrette Tværsnit, ligger det nær at fastsætte Skiftets Styrke til
$$\frac{p_1 \cdot S_1 + p_2 \cdot S_2 + p_3 \cdot S_3 \dots}{100}.$$

I de svenske Normalbestemmelser af 1942 for Murtegl og Murværk beregnes Styrken paa denne Maade, naar der i et Skifte indgaar 2 Slags Tegl af uens Styrke. Er $p_1 = p_2 = 50\%$, bliver Murværksstyrken følgende $\frac{1}{2} \cdot (S_1 + S_2)$, altsaa lig med Middelværdien af de to Stenarters Murværksstyrke, uafhængig af om S_1 og S_2 er ens eller meget forskellige.

For at prøve Berettigelsen af denne Beregningsmaade er der i *Laboratoriet for Byggeteknik* udført Forsøg med murede 1 Stens Piller, i hvilke der indgik to Slags Sten af højst forskellig Styrke, men hver især af meget ensartet Brænding, nemlig Molersten og skarpt sorterede almindelige Teglsten, og Forsøgene viser, at Pillestyrken afviger stærkt fra den beregnede (Side 97).

Da Forsøgene kun er udført med 2 Slags Sten, hvis Trykstyrker forholder sig som 1:7, mangler man endnu Kendskab til Styrken af en Blandingspille, naar Forholdet mellem Stenstyrkerne er et andet, og der er derfor paa Grundlag af rent logiske Overvejelser opstillet hypotetiske Formler og Kurver for Pillestyrken gældende for et vilkaarligt Forhold mellem Stenstyrkerne eller rettere mellem Styrkerne af to Piller, der kun indeholder den ene Slags Sten, enten de svage eller de stærke (Side 102). Trods det spinkle eksperimentelle Grundlag ser Kurverne (Fig. 36—38) meget tilforladelige

ud, og saa længe andre Forsøg mangler, giver de en Orientering, som i alt Fald vil være af Værdi ved Planlægning af nye Forsøg. Simple Styrkeformler er udledt af Kurverne (Side 85).

Forsøgsstenene blev indgaaende undersøgt, ogsaa m.H.t. Egenskaber, der var Hovedformalet uvedkommende (Side 90). Blandt andet blev paavist, at Elasticitetstallet var væsentlig større, naar Trykket virkede vinkelret paa Lejeffaden, end naar det virkede paa langs af Stenen; i sidste Fald var det særligt lille i Stenens Fjerdedelspunkter (Side 91). Ved Trykelasticitetsforsøg med vanddruknede Molerstencylindre havde Belastningshastigheden stor Indflydelse paa Forkortelsens Størrelse; ikke blot den blivende Forkortelse men ogsaa den elastiske udviklede sig med stor Træghed, hvilket muligvis skyldes, at Porevandet virker afstivende (Side 91). Forsøgspillernes Vandindhold blev bestemt, ogsaa dets Fordeling over Sten og Mørtel, Skal og Kærne (Side 92); desuden blev Pillernes Brudmaade meget indgaaende analyseret (Side 93—102).

Disse Afsnit indeholder saa mange Tal og Enkeltheder, at Læseren næppe vil kunne bevare Overblikket, og Hovedresultaterne er derfor opstillet paa en mere overskuelig Maade i Sammenfatningen (Side 90—102).

Afhandlingen er delt i to Hovedafsnit, I og II, af hvilke det sidste indeholder de ovenfor nævnte Undersøgelser.

I Afsnit I redegøres for nogle Forforsøg vedrørende almindelige Teglstens Ensartethed. Til en stor, endnu uafsluttet Forsøgsrække over Styrken af Ydermure med almindelige Teglsten i Ydersiden og Molersten i Indersiden ønskede man at faa Teglsten med ringe Styrkevariation og undersøgte derfor Sten fra forskellige Værker m.H.t. Trykstyrke, Rumvægt, Længde, Klang og Haardhed. I det Sammenhæng, der er mellem disse Egenskaber, giver Fig. 1—6 en Orientering.

Forsøgene er udført under Ledelse af Laboratorieingeniør *H. Dührkop* og under Medvirkning af Dr. *Gabor de Kazinczy* og Ingeniør *C. S. Forum*.

I. FORFORSØG

VEDRØRENDE TEGLSTENS ENSARTETHED.

A. UNDERSØGELSE AF 4 TEGLVÆRKERS FLAMSTEN.

Det viste sig meget vanskeligt at fremskaffe Teglsten af passende og ensartet Styke, skønt der prøvedes Sten fra mange Teglværker.

Nogle af Resultaterne for Flamsten er indført i Tabel 1.

Tabel 1. Flamsten fra forskellige Teglværker.

Værk	Antal Sten	Trykstyrke i at				Længde i mm			Rumvægt ¹⁾ i kg/m ³		
		Min.	Midd.	Maks.	Maks. Min.	Min.	Midd.	Maks.	Min.	Midd.	Maks.
A	15	456 ²⁾ (72)	632 ²⁾ (100)	777 ²⁾ (123)	1,7	223	224	226	1693	1710	1732
B	15	244 ²⁾ (63)	388 ²⁾ (100)	791 ²⁾ (204)	3,2	221	227	233	1630	1710	1850
C	10	249 ²⁾ (79)	317 ²⁾ (100)	401 ²⁾ (127)	1,6	225	228	229			
C	9	233 ²⁾ (80)	290 ²⁾ (100)	382 ²⁾ (132)	1,6	227		231			
D	14	490 ²⁾ (82)	595 ²⁾ (100)	835 ²⁾ (140)	1,7	222	228	231	1620	1688	1878

Længden af Stenene maales med en Art Skydelære, der var indlagt i et Bord. Den havde et fast og et bevægeligt Ben, begge endende i en 20 mm Staalkugle, og disse Kugler trykkedes ind mod Midtpunkterne af Stenenes Kopender. Usikkerheden ved Maalingen var kun ca. 0,2 mm.

B-Stenenes Styrkevariation er større end de andres, men næppe usædvanlig. Offentliggjorte udenlandske Murværksforsøg er udført med Sten af lige saa variabel Styrke.

¹⁾ af udborede Cylindre.

²⁾ Cylinderstyrke.

³⁾ Halvstenstærninger.

C-Stenenes Styrke — der i Modsætning til de andres ikke bestemtes med Cylindre, men med sammenmurede Halvstenstærninger, hvilket utvivlsomt har nedsat den — ligger lavest, men varierer mindst, og disse Sten blev udvalgt til de i Indledningen omtalte Forsøg over blandet Murværks Styrke, som endnu ikke er afsluttet.

Da de foreliggende Forsøg skulde paabegyndes, havde vi endnu ikke opsporet C-Stenene og besluttede at bruge D-Sten, der ogsaa syntes ret ensartede. De fremstilles paa et sjællandsk Teglværk, der arbejder med et kalkrigt Ler og efter Brændingen sorterer Stenene i Gule I, II, III og Flamsten. Sorteringen sker overvejende efter Farve, og Gule I er de rene gule.

Da vi ønskede mere ensartede Sten end den i Tabellen indførte Prøve af Flamsten, der omtales nærmere i Afsnit B, fik vi fra Værket ogsaa indsendt Gule III, der omtales i Afsnit C.

B. UNDERSØGELSE AF FLAMSTEN FRA TEGLVÆRK D.

Af Værkets Flamstenslager udpillede dets Forvalter:

5 Sten som Repræsentanter for de svageste (Sv)
4 » » » » » middelstærke (Mi)
5 » » » » » stærkeste (St).

Af hver Sten udboredes en Cylinder — $h = d = \text{ca. } 5 \text{ mm}$ — hvis Rumvægt og Styrke bestemtes i vandfri Tilstand (Tabel 2):

Tabel 2. Flamstenenes Længde, Rumvægt og Styrke.

	Længde i mm	Rumvægt i kg/m^3	Trykstyrke i at
De 5 Sv-Sten	228,9 (229,4—228,0)	1667 (1648—1708)	564 (529—585)
» 4 Mi- »	229,4 (230,6—228,7)	1640 (1620—1651)	515 (490—554)
» 5 St- »	224,7 (227,1—221,6)	1748 (1690—1878)	690 (565—835)
Middel	227,5	1688	595

Forholdet mellem de enkelte Cylindres Trykstyrke og Rumvægt var 0,351 (0,296—0,444).

For de 2 første Grupper er den fundne Styrke altsaa ikke i Overensstemmelse med Værkets Bedømmelse.

En Sortering af Stenene efter Længde gav:

De 5 længste:	Længde 229,5 mm (230,6—229,1)	Styrke 539 at (490—577)
» 4 middellange:	» 228,7 » (229,0—228,0)	» 546 » (510—585)
» 5 korteste:	» 224,7 » (227,1—221,6)	» 690 » (565—835).

Stenenes Cylinderstyrke bedømmes altsaa bedre ved Stenenes Længde end ved deres Udseende. Se ogsaa Fig. 3.

Flamstenenes Styrke (490—835 at) varierede stærkere end ønskeligt, og Sorteringen Gule III blev derfor undersøgt.

C. UNDERSØGELSE AF GULE III FRA TEGLVÆRK D.

Af Sorteringen Gule III modtog Laboratoriet ca. 3100 Sten brændt samtidigt i samme Kammer og udsorteret som den almindelige Handelsvare, kun var Sten med afslaaede Hjørner eller stærkt sintrede Pletter fjernet ved Læsningen.

Der udtoges straks en Gennemsnitsprøve, nemlig 15 Sten, af hvilke de 5 var særligt korte (223—225 mm), 5 særligt lange (230—232) og 5 middellange (227—229). Deres Egenskaber i vandfri Stand fremgaar af Tabel 4, øverste Linie, der viser, at Gule III var tungere og stærkere end Flamstenene, og at Styrken varierede mere.

Efter de mange forgæves Forsøg paa at faa Sten med ensartet Styrke direkte fra Teglværk besluttedes det at sortere de foreliggende Sten efter Længde og udskyde de korteste og længste. De blev delt i 3 Grupper (Tabel 3).

Tabel 3. Gule III's Fordeling efter Længde.

	Korte	Middellange	Lange
Mærke	III k	III m	III l
Længde i mm.....	< 225,5	225,5—229,5	> 229,5
Antal Sten	224	2022	845
* i %.....	7,2	65,4	27,4

Kun Gruppe III m blev brugt til Hovedforsøgene. Af denne Gruppe blev udvalgt 15 Sten, 3 blandt de korteste, 3 blandt de længste og 9 blandt de middellange, og disse Stens Egenskaber fremgaar af Tabel 4, sidste Linie, der viser, at Styrken er blevet mindre og væsentligt mere ensartet; Styrkeforholdet mellem den stærkeste og den svageste Sten er formindsket fra $\frac{1057}{477} = 2,2$ til $\frac{700}{485} = 1,44$.

Tabel 4. Gule III's Længde, Rumvægt og Styrke.

	Længde i mm	Rumvægt ¹⁾ i kg/m^3	Trykstyrke ¹⁾ i at
Før Sortering (Gule III)	223 — 232	1721 (1603—1836)	725 (477—1057)
Efter » (» III m)	225,5—229,5	1697 (1590—1778)	582 (485— 700)

¹⁾ Cylindre.

Iøvrigt omtales disse Stens Egenskaber Side 30.

Gule III's Fordeling efter Længde. For at faa en mere specificeret Oversigt end den i Tabel 3 givne blev Grupperne IIIk og IIIl sorteret i Undergrupper, hvis Stenlængde voksede 1 mm fra Gruppe til Gruppe. Af den store Gruppe IIIm blev kun 43 Sten sorteret paa denne Maade, og Resultatet betragtet som gyldigt for hele Gruppen. Derved fandtes Fordelingen i Tabel 5.

Tabel 5. Gule III's Fordeling efter Længde.

Længde i mm.....	220	221	222	223	224	225	226
Antal i %.....	0,1	0,1	0,3	0,5	1,7	4,5	6,1
Længde i mm.....	227	228	229	230	231	232	233
Antal i %.....	10,7	25,7	22,9	10,3	11,4	4,7	1,0

D. STYRKE, RUMVÆGT, LÆNGDE, KLANG, HAARDHED.

Forsøgene med de i Afsnit A—C omtalte Sten kan give en vis Orientering m.H.t. Forbindelsen mellem de i Overskriften nævnte Egenskaber, skønt Forsøgene ikke blev planlagt med dette Formaal for Øje. Styrke og Rumvægt blev saaledes kun bestemt for 1 Cylinder fra hver Sten, og bruger man disse Enkeltværdier til Optegning af en Kurve, der viser Relationen mellem de to Egenskaber, bliver det — som rimeligt er — en mere eller mindre stærkt svingende Zik-zak-Kurve, men den giver dog et Begreb om Relationens Art. I de Forsøgsrækker, der blev udført med et tilstrækkeligt stort Antal Sten, blev disse paa forskellige Maader samlede i Grupper, for hvilke der udregnede Middeltal, saa Kurverne blev jævne.

Forsøgene udførtes med følgende Sten:

15 B -Sten (Flamsten, se Tabel 1).

19 C -Sten (» » » »).

14 D1-Sten (» fra D-Værk, se Tabel 1).

15 D2-Sten (Gule III fra D-Værk. Stenene blev udvalgt blandt de 3100 leverede, saaledes at 5 var særligt korte, 5 særligt lange og 5 middellange, se Afsnit C).

15 D3-Sten (Gule IIIm fra D-Værk. Længden varierede kun fra 226 til 229 mm, idet Stenene var udtaget blandt de middellange Sten, som blev frasorteret til Hovedforsøgene, se Afsnit C).

44 D-Sten bruges som Betegnelse for de nærmest foregaaende 3 Grupper, naar disse behandles under eet. Alle disse Sten er fremstillet af samme Ler og med samme Murstens-maskine og brændt i samme Ovn.

a. Styrken som Funktion af Rumvægten er tegnet paa Fig. 1 for de 15 B-Sten og de 44 D-Sten.

Af B-Kurvens 12 Punkter er de 9 Enkeltværdier, mens de 3 — med Prik i Cirklen — angiver Middelstyrken af 2 Sten med ens Rumvægt; disse Stens Styrke er vist ved frie Punkter. Til Trods for Prøvelegemernes ringe Antal er Styrkens Vækst med Rumvægten øjensynlig.

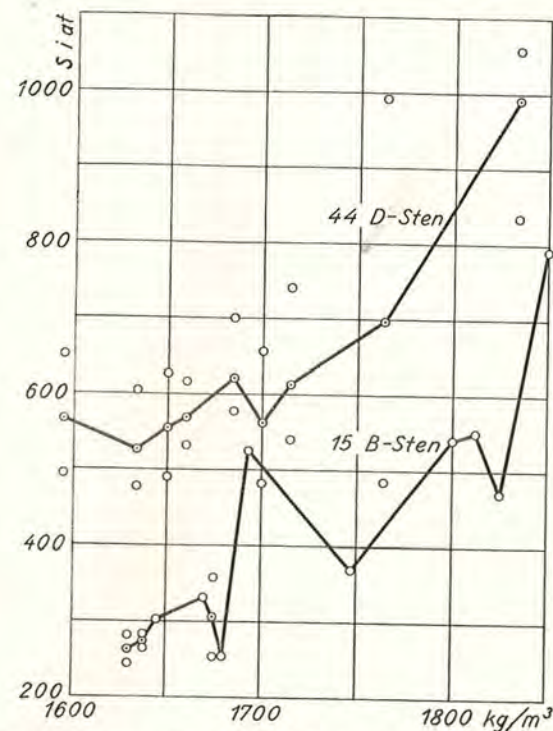


Fig. 1. Cylindrenes Styrke som Funktion af deres Rumvægt.

Ved D-Kurvens Optegning blev de 44 Sten først ordnede efter voksende Rumvægt og inddelt i Grupper paa 5 Sten, hvis Middelumvægt og Middelstyrke udregnede og afsattes i Fig. 1. De frie Punkter angiver Styrken af Gruppens stærkeste og svageste Sten. Denne Kurve har et mere regelmæssigt Forløb som Følge af Middeltalsdannelsen, og Regelmæssigheden var formentlig blevet forøget, hvis man havde bestemt den hele Stens Rumvægt ved hydrostatisk Vejning og havde haft flere Cylindre fra hver Sten til Styrkeforsøget.

b. Rumvægten som Funktion af Stenlængden er tegnet paa Fig. 2 for 43 af de 44 D-Sten.

Stenene blev inddelt i Grupper efter Længde. Laa Længden mellem 224,5 og 225,5 mm, regnedes den at være 225,0, var den 225,5—226,5, regnedes med 226,0 o.s.v. For hver af disse Grupper blev Middelrumvægten beregnet og afsat i Figuren, hvor ogsaa Gruppens Stenantal og dens største og mindste Rumvægt er indført.

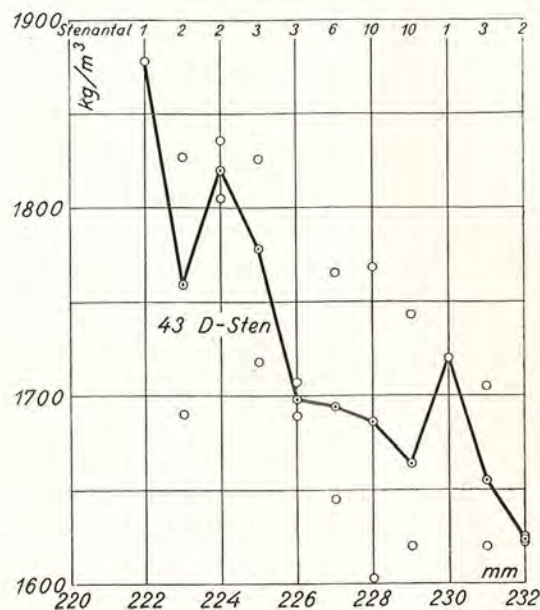


Fig. 2. Cylindrenes Rumvægt som Funktion af Stenlængden.

Figuren viser, at Rumvægten aftager med voksende Stenlængde, men Kurvens Ender er stærkt takkede som Følge af det ringe Stenantal.

Hos de 15 B-Sten varierede Rumvægt og Længde uafhængigt af hinanden. Disse Sten var meget uensartede m.H.t. saavel Rumvægt og Styrke som Længde (Tabel 1), hvilket forklares ved, at B-Værkets Ler er uensartet m.H.t. Kalkholdighed m.m., og at det haandgraves. Det er derfor sandsynligt, at de 15 Sten ikke har været fremstillet af ens Ler. Se ogsaa under c.

c. Styrken som Funktion af Stenlængden er tegnet paa Fig. 3 for de 19 C-Sten og 44 D-Sten.

Som det var at vente, synker Styrken med voksende Stenlængde.

At D-Stenenes Styrkekurve varierer regelmæssigere med Rumvægten (Fig. 1) end med Stenlængden skyldes for en væsentlig Del, at Kurvepunkterne i Fig. 1 er Middelpunkter for 5 Sten.

Hos de 15 B-Sten varierede Styrke og Længde uafhængigt af hinanden. Se desangaaende Bemærkningen under b.

Stenlængdens Brugbarhed som Maal for Styrken er betinget af, at den er et brugbart Maal for Brændingsgraden, og dertil kræves ikke blot at Stenene er fremstillet af samme Ler og med samme Raalængde, men ogsaa at Stenenes uens Belastning i Ovn — det lodrette Tryk vokser fra øverste

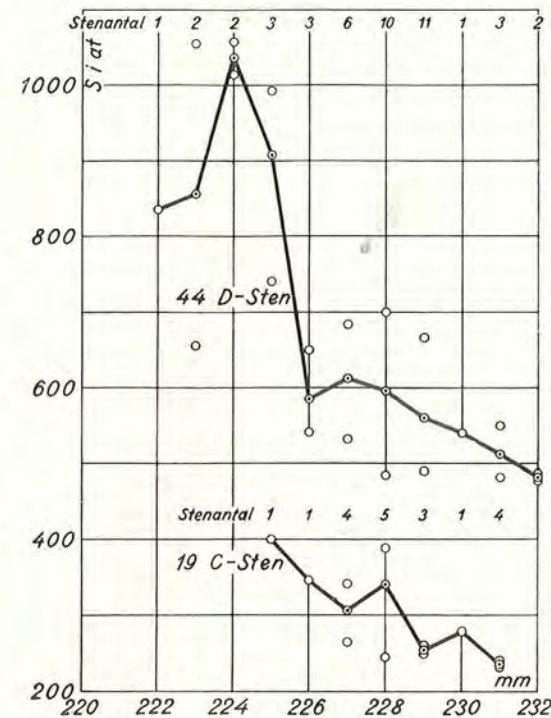


Fig. 3. Cylinderstyrken som Funktion af Stenlængden.

til nederste Lag — ikke har gjort dem længere (og tykkere) i de nedre Lag end i de øvre, selv om Temperaturen har været ens. Naar B-Stenenes Længde varierer uafhængigt af saavel Styrke som Rumvægt, mens disse to Egenskaber varierer fornuftigt med hinanden (Fig. 1), skyldes det maa-ske, at de 15 Sten har ligget ulige højt i Ovn.

d. Styrken som Funktion af Klangfuldheden. Teglstens Brændingsgrad bedømmes ofte ved Klangfuldheden, og dennes Forhold til Styrken blev derfor undersøgt. Klangen bestemtes ved at slaa paa Stenene med en Hammer, hvorefter de ordnedes efter voksende Klangfuldhed. I Fig. 4 er Stenene afsat langs Abscisseaksen i denne Orden, men med konstant Afstand.

Forsøgene udførtes med de 14 D1-Sten, 15 D2-Sten og 15 D3-Sten, og Klangbedømmelsen skete for hver Gruppe for sig. Klangfuldheden hos Sten paa samme Kurve vokser fra venstre mod højre, men Sten med samme Abscisse har ikke samme Klangfuldhed.

Hos D3-Stenene, der er nogenlunde lige lange, varierer Styrken uregelmæssigt med Klangen.

Hos D2-Stenene er der 3 udpræget adskilte Styrkeniveauer, og de svarer til de lange, middellange og korte Sten. Indenfor disse Længdegrupper er

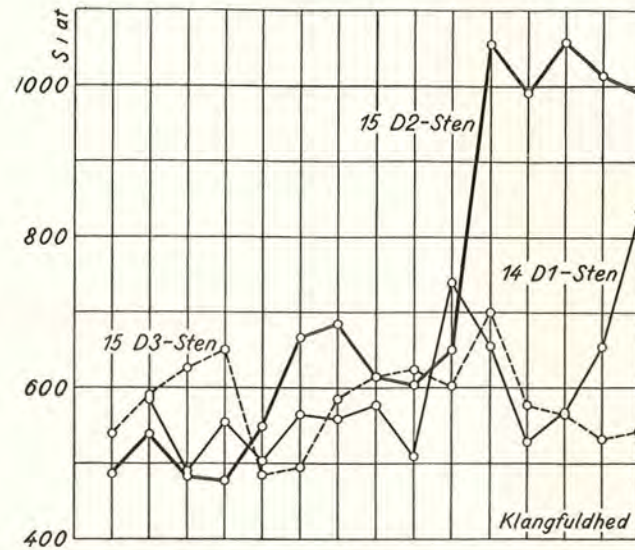


Fig. 4. Cylinderstyrken som Funktion af Stenens Klangfuldhed.

Styrkevariationen uregelmæssig, men Klangforskellen var ogsaa ringe. Derimod var der en tydelig Klangforskel mellem den mest klingende lange og den mindst klingende middellange Sten og en meget tydelig mellem den mest klingende middellange og den mindst klingende korte Sten.

Hos D1-Stenene er den mest klangfulde Sten den stærkeste, men iøvrigt er der ingen Lovmæssighed.

Det maa fremhæves, at Styrken kun bestemtes for 1 Cylinder fra hver Sten, men man tør dog af Forsøgene slutte, at Styrkeforskellen skal være stor for at kunne bedømmes ved Klangen, hvilket er forstaaeligt, da ogsaa Revner m.m. paa virker denne.

e. Klangfuldhedens Variation med Stenlængden undersøgtes ogsaa. Udjævningskurver for D1- og D2-Stenene viste et udpræget Fald af Klangfuldheden med voksende Stenlængde, men D1-Stenenes Enkeltværdier laa

meget spredt. Hos D2-Stenene dannede de ovennævnte 3 Længdegrupper hver sin Klanggruppe, der ikke greb ind i de andre, men inden for Grupperne var der ingen Lovmæssighed.

f. Styrken som Funktion af Kugletrykhaardheden bestemtes for de 14 D1-Sten ved at trykke en 10 mm Staalkugle ind paa 3 Steder i den glatte Løbersides lange Midtlinie — i dennes Midtpunkt og 2,5 cm fra Enderne — og maale Indtryksdybdens Tilvækst Δt , naar Lasten P øgedes fra 100 til 200 kg og fra 200 til 300 kg¹⁾; af disse 3 · 2 Tilvækster dannedes

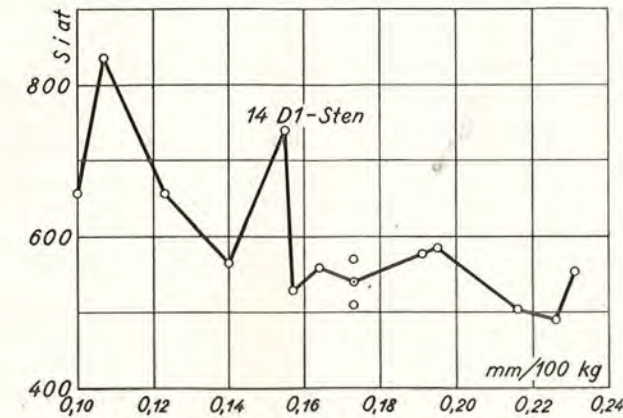


Fig. 5. Cylinderstyrken som Funktion af Kugletrykhaardheden.

Middeltallet, og heraf beregnedes $\Delta t : \Delta P = \Delta t$ mm pr. 100 kg. Ved 2' Indtryk var Δt gennemsnitlig 5% mindre end ved 1'. Paa de 3 Indtrykssteder var Δt gennemsnitlig ens.

Fig. 5 viser, at Styrken har en udpræget Tendens til at synke med voksende Indtryksdybde, men at der er store Uregelmæssigheder.

g. Undersøges Indtryksdybdens Forhold til Rumvægt og Stenlængde, viser den sig at falde ret regelmæssigt med voksende Rumvægt og aftagende Stenlængde.

h. Styrken som Funktion af Borehaardheden ved Cylindrenes Udbo-ring bestemtes for de 15 D2-Sten.

Som Maal for Borehaardheden toges den Tid, Diamantboret brugte til at synke 6,6 mm under en givet Last; paa Fig. 6 er Borehaardheden angivet i sec/mm. Boreddybden ved Maalingens Begyndelse var ca. 11,5 mm. Borehaardheden er et Maal for Stenens indre Haardhed, mens Kugletrykprøven kun giver Overfladens.

¹⁾ de 100 kg paaførtes i Løbet af 30 sec og holdtes konstant i 30 sec.

Fig. 6 viser, at D2-Stenenes Borehaardhed er et bedre Maal for Styrken end Kugletrykhaardheden (Fig. 5). Dette var at vente, navnlig da selve den udborede Cylinder brugtes til Styrkeforsøget.

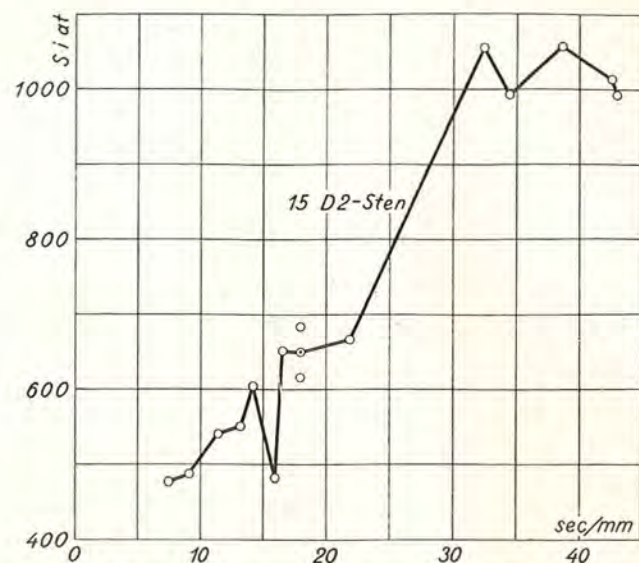


Fig. 6. Cylinderstyrken som Funktion af Borehaardheden.

Borehaardheden var langt større og mere varierende end hos Molersten. Hos disse var den kun ca. 1 sec/mm, mens den for D2-Stenene varierer fra 7,4 til 43.

i. Naar **Borehaardheden** for de 15 D2-Sten optegnedes som **Funktion af Rumvægten** viste det sig, at:

10 Cylindre havde Rumvægt 1,60—1,74 g/l og Borehaardhed 7,4—21,8 sec/mm
5 » » » 1,79—1,84 » » » 32,4—43,0 » »

De 5 tungeste Cylindre var altsaa væsentligt haardere at bore i end de andre, men i begge Grupper varierede Forholdet mellem Borehaardhed og Rumvægt uden Lovmæssighed, bortset fra at en Middelkurve indlagt i den lette Gruppe var svagt stigende med Rumvægten.

j. Naar **Borehaardheden** for de 15 D2-Sten optegnedes som **Funktion af Stenlængden** viste den sig at aftage forholdsvis regelmæssigt med voksende Længde.

Ved Boring i de 15 D3-Sten belastedes Boret saa stærkt, at Boretiden kun varierede fra 2,7 til 4,6 sec/mm og uafhængigt af saavel Længde som Rumvægt og Styrke.

II. HOVEDFORSØGENE.

A. MOLERSTENENE.

a. LÆNGDE, VÆGT, VANDOPTAGELSE, STYRKE.

Molerstenene — i det følgende kaldet M-Sten — leveredes af A/S Skarrehage Molerværk. De var meget regelmæssige og af ens Størrelse (23 · 11 · 5,5 cm).

Længden fandtes ved Maaling af 25 Sten at være 230,3 mm (227,5—231,5) og for 13 af Stenene at ligge mellem 229 og 231 mm.

Vægten af de 25 Sten var:

I vandfri Tilstand	1040 g/Sten (973—1111)
» stuetør »	1071 » (1014—1143).

Forskellen er 2,98% af den vandfri Vægt (2,28 Rumprocent) og skyldes Stenenes hygroskopiske Egenskaber, se L7¹⁾, Side 7—8.

Rumvægten af 5 halve Sten fandtes ved hydrostatisk Vejning at være

I vandfri Tilstand	783 kg/m ³ (740— 824).
Efter 7 Døgns Vandlagring	1418 » (1385—1454).

Rumvægten af udborede Cylindre ($h = \text{ca. } 5,0 \text{ cm}$, $d = \text{ca. } 4,8 \text{ cm}$) fandtes ved Vejning og Maaling at være:

I vandfri Tilstand ²⁾	780 kg/m ³ (757— 851).
Efter 7 Døgns Vandlagring ³⁾	1408 » (1383—1470).

Naar man af samme Sten udborede 2 Cylindre, een fra Midten og een fra et Hjørne, fandtes Rumvægten 0,8% større for den sidste som Middeltal for 14 Sten.

Vandoptagelsen i 10 hele Sten (vandfri) efter 7 Døgns Vandlagring udgjorde 79,4 Vægtprocent (72,5—82,7) svarende til 62,1 Rumpet.

Naar Stenene dyppedes kortvarigt i Vand, var Vandoptagelsen pr. sec hurtigt aftagende. 4 hele Sten (stuetørre) vejende 1093 g/Sten optog:

¹⁾ henviser til Litteraturlisten.

²⁾ 21 Cylindre udborede af 12 Sten.

³⁾ 12 » » » 8 » »

E. Suenson:

Dyppetid i sec	3	15	25
Vand i Vægtprocent	6,6	11,3	13,8
» » Rum »	5,2	8,9	10,9

Vand, der blev paadryppet Stenenes Lejeflader, brugte lang Tid om at fordele sig jævnt. 3 vandfri Stens Lejeflader fik paadryppet Vand, jævnt fordelt, 4 Vægtpct. (ca. 42 g) paa hver Flade, hvorefter Stenene blev anbragt i en lille tæt Blikkasse indtil Prøvningen. Ved denne blev de delt i 3 — saavidt muligt lige tykke — Skiver ved 2 Savsnit parallele med Lejefladerne, og Skiverne blev efter Vejning tørret ved 105°. Resultatet var:

Lagringstid i Kassen	1,2	2,2	6,9 Døgn
Yderskivernes Vandindhold	10,8	10,3	9,2 Vægtpct.
Midterskivens »	3,1	4,3	7,0 »

Vandbevægelsens Langsomhed maa bedømmes med Henblik paa, at den paadryppede Vandmængde kun udgjorde 10% af Mætningsmængden. Vandet i de grove Porer er derfor hurtigt blevet suget ind de fine, saa det er Hastigheden i disse, der er maalt.

Tørringssvindet af en vanddrukken Cylinder ($h = 5,15$ cm, $d = 4,75$ cm), der i 10 Døgn stilledes til Tørring i Stueluft (Temp. 22—25° C, Fugtighed 60—71%), blev maalt med 2 lodrette Huggenbergermaalere forstørrende 1152 Gange. Maalelængden var 4,5 cm.

Cylinderen, der i stuetør Tilstand vejede 70,6 g incl. 2,0 g hygroskopisk Vand, vandlagredes i 8 Døgn, hvorved dens samlede Vandindhold voksede til 58,7 g (85,6% af Tørvægten) bestemt efter Aftørring med en opvredet Klud. Efter Maaleapparaternes Anbringelse stilledes Cylinderen atter paa Vægten, saaledes at ikke blot Længdesvindet, men ogsaa Vægtsvindet kunde følges; begge Værdier er afsat paa Fig. 7 og 8 med Tiden som Abscisse. Ved Forsøgets Slutning var det totale Vandindhold 3,8 g. Fordampningen var sket gennem Cylinderfladen, da Endefladerne var dækket med Stanniol. I Fig. 9 er Forkortelsen afsat som Funktion af Vægttabet.

Kurverne viser, at Cylinderen under Udtørringen har forkortet sig 0,58 mm/m. I to Henseender er de mærkelige:

(1) Fig. 7 viser, at Vægttabet pr. Døgn holder sig konstant i mere end de 2 første Døgn, mens man skulde vente, at det vilde aftage, efterhaanden som Fordampningsfladen rykker ind i Cylinderen (L5, § 37 og L9, Side 44). Dette tyder paa, at Overfladens Vandtab hurtigt erstattes indefra.

(2) Fig. 7 og 9 viser, at Halvdelen af den totale Forkortelse er sket i Løbet af de første 4 Timer og efter kun 2,5 Grams Vandtab, svarende til Vandmængden i de yderste ca. 0,5 mm af Cylinderen, mens man maatte vente, at Forkortelsen først vilde indtræde, naar de grove Porer var tømt for Vand, og at Kurverne for Forkortelsen derfor vilde begynde

Teglstens-Pillers Trykstyrke og Sammentrykkelighed

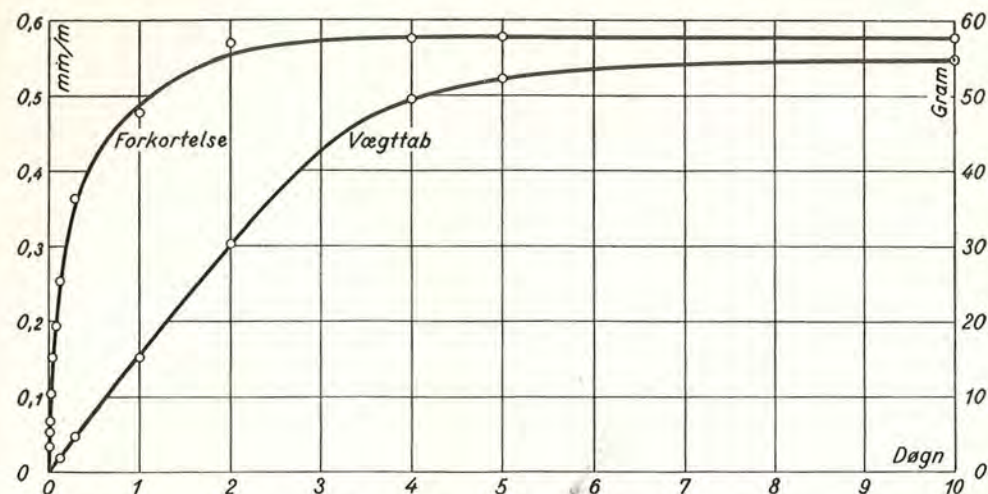


Fig. 7. En vanddrukken M-Cylinders Forkortelse og Vægttab under 10 Døgns Udtørring.

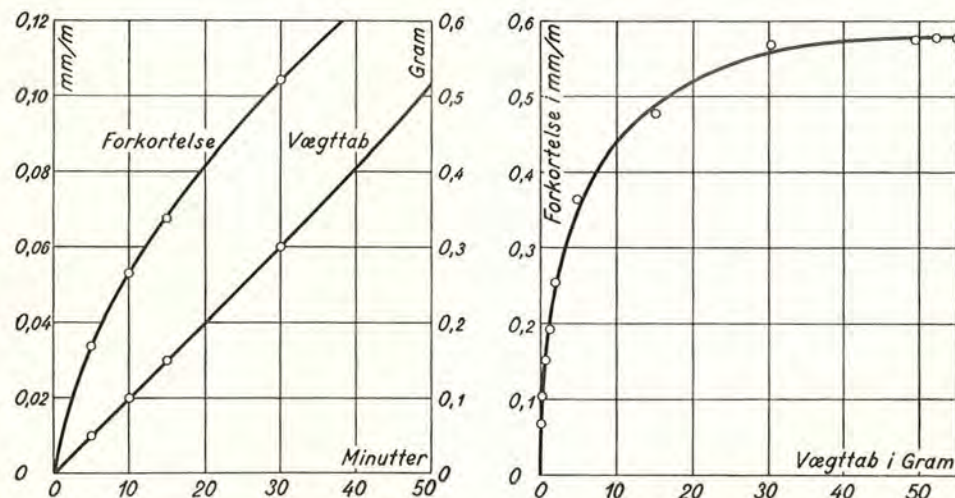


Fig. 8. Forkortelse og Vægttab i de første 50 Min.

Fig. 9. Forkortelsen som Funktion af Vægttabet.

opadhule. At det ikke er Tilfældet tyder paa, at Overfladen tørrer hurtigt, hvilket strider mod (1).

Heller ikke Afkølingen ved Vandets Fordampning kan forklare det hurtige Svind, thi Sammentrækningen ved 1° Afkøling overstiger næppe 0,006 mm/m.

Trykstyrken af udborede Cylindre fandtes at være¹⁾:

¹⁾ Forsøgene udførtes i Amslers 5 Tons hydrauliske Presse indstillet til 3 Tons Maksimallast. Belastningshastigheden var ca. 6,6 at/sec.

I vandfri Tilstand (9 Cylindre fra 5 Sten)¹⁾ 84,8 at (74,5—103,0)
 Efter 7 Døgn Vandlagring (7 * * 5 *) 53,4 * (47,2—60,0).

Trykstyrken af 10 med Cement sammenmurede Halvstenstærninger²⁾ efter 1 Døgn i fugtig Luft + 3 Døgn i Stueluft + 3 Døgn i Tørreskab ved 60° C fandtes at være 73,1 at (61,0—94,5).

Forholdet mellem de vandfri Cylindres og de tørrede Halvstenstærningers Styrke er 84,8 : 73,1 = 1,16. Cementfugen har altsaa virket svækkende, skønt den er stærkere end Stenen. Dette bliver forstaaeligt, naar man betænker, at Cylindrens Endeflader er fuldstændigt fastholdt af Trykpladerne, mens Halvstenens vandrette Flader kun er fastholdt af Mørtlen, der selv udvider sig lidt.

Ved tidligere Forsøg med M-Sten (L7, Side 9) fandtes Forholdet at være omvendt, nemlig 95 : 116 = 0,82, men ved mellemliggende — ikke offentliggjorte — fandtes lige som her 82,5 : 71 = 1,16.

Forskellen ses i overvejende Grad at stamme fra Tærningestyrken, der ved de ældste Forsøg var 61% større end ved de foreliggende og mellemliggende, mens Cylinderstyrken kun var 14% større.

Tærningestyrkens Forskellighed skyldes muligvis, at Halvstenenes Lejeflader ved de ældste Forsøg kun blev dyppet 20 sec i Vand, inden de sammenmuredes, og at Laboratoriet senere er gaaet over til at dyppe i 6 min; i 1' Fald har Fladerne suget Mørtelen stærkere til sig, og Adhæsionen er derfor blevet større.

Hvis denne Forklaring er rigtig, vil selv en vidtgaaende Standardisering af Tærningepreven ikke kunne sikre, at samme Sten altid viser samme Styrke, og da Cylinderprøven heller ikke er god — Cylindrene er for smaa og Fremstillingen besværlig — bør man gaa over til at prøve Stenene i Form af Halvsten, der trykkes mellem Danatexplader, en Prøvemaaede, der trods sin Simpelhed giver mere konstante Værdier end nogen anden (se L10, Side 3 og L2, Side 9).

Trykarbejdslinien omtales Side 21.

Bøjningsstyrken af 15 hele Sten paa Fladen med den mest fejlfri Side som Trækside var³⁾:

¹⁾ De 4 Hjørnecylindre var 4% stærkere end de 4 tilsvarende Midtercylindre.

²⁾ Den ene Halvsten drejedes 180° om Stenens Længdeakse, før den lagdes ovenpaa den anden. Lejefladerne dyppedes 6 min i Vand, før de sammenmuredes. Midterfugen var ca. 5 mm tyk af Cementmørtel 1:0; Trykfladerne afrettedes med et ca. 5 mm tykt Lag Cementmørtel 1:1 (Gulvsand).

Forsøgene udførtes i Richters 60 t Presse indstillet til 20 t Maksimallast. Belastningshastigheden var ca. 5 at/sec.

³⁾ Prøvet i Schoppers Maskine indstillet til 250 kg Maksimallast. Understøtningsmaaden udelukkede saavel horizontale som vridende Kræfter.

I vandfri Tilstand	12,7 at (9,2—16,7)
Efter 7 Døgn Vandlagring (78,9% Vand)	10,6 * (7,9—14,5)
Med 7,6% Vand	10,0 * (8,3—11,1)

Forholdet mellem de vandfri Stens Bøjningsstyrke og Trykstyrken af de vandfri Cylindre og de tørrede Halvstenstærninger er 12,7 : 84,8 = 0,15 og 12,7 : 73,1 = 0,17.

Stenenes Spændvidde var 20 cm. Naar Brudstykkerne prøvedes med 10 cm Spændvidde, fandtes en større Styrke:

Vandindhold	0	7,6	78,9%
Styrkeforøgelse	19	7	1 %

Forsøgene kunde tyde paa, at Vandet ved Siden af sin svækkende Virkning har en vis egaliserende.

b. MOLERSTENENES ARBEJDSLINIER OG ELASTICITETSTAL.

1. Forsøg med Cylindre. Tryk vinkelret paa Stenens Lejeflader.

Prøvelegemerne var Cylindre med ca. 5 cm Diameter og ca. 5 cm Højde udboret med Diamantbor vinkelret paa Stenens Lejeflader og derefter slebet paa alle Flader. Af hver Sten udboredes som Regel 2 Cylindre, een fra Midten og een fra et Hjørne.

Kraften virkede i Cylindrenes Akseretning, altsaa vinkelret paa Stenens Lejeflader. 3 Cylindre med sammenslebne Endeflader stilledes ovenpaa hinanden (Fig. 10), og Maalingerne udførtes paa den midterste ved Hjælp af 2 Huggenbergermaalere forstørrende 332 Gange. Maalelængden var 2 cm.

Prøvemaskinen var Amslers 5 Tons hydrauliske Presse med Pendulmanometer.

Lasten øgedes trinvis med ca. 5 at og holdtes konstant under Aflæsningen. Tiden fra Aflæsning til Aflæsning var 1 min, den gennemsnitlige Belastningshastighed altsaa 5 at/min.

Prøvelegemerne var enten vandfri eller vanddrukne:

(A) Vandfri Prøvelegemer, tørret til konstant Vægt ved 105°.

(B) Vanddrukne Prøvelegemer, der havde været vandlagrede i mindst 7 Døgn.

Ydercylindrene var i samme Fugtighedstilstand som Midtercylinderen.

Arbejdslinierne indtil 30 at er vist paa Fig. 10; det er Middellinier for 8 vandfri¹⁾ og 5 vanddrukne²⁾ Cylindre stammende fra henholdsvis 7 og 3 Sten.

De vanddrukne Cylindre ses at være mindre stive end de vandfri.

¹⁾ Trykstyrke og Rumvægt var 87,3 at og 7,88 g/cm³.

²⁾ Som Følge af Vandindholdet var Styrken kun 54,2 at, mens Rumvægten var 13,91 g/cm³.

ϵ vokser hurtigere end σ , hvilket ikke blot gælder for Middelkurverne, men for samtlige Enkeltkurver. Disse var som Regel nogenlunde ligedannede med Middelkurven, enten stejlere eller fladere, men en enkelt Kurve begyndte stejlere end de øvrige og endte fladere, saa den gennem-

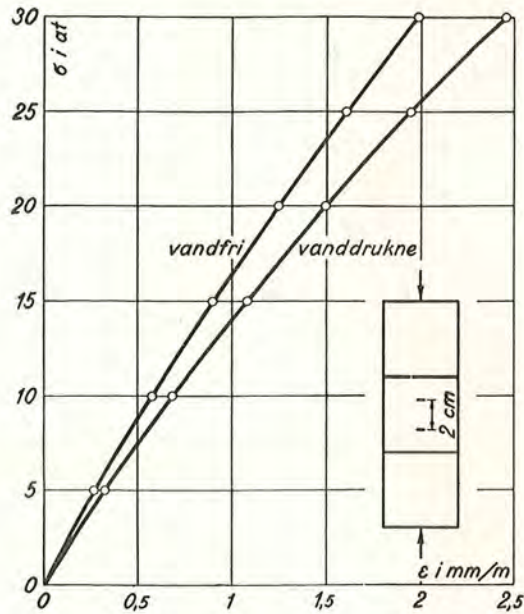


Fig. 10. Arbejdslinier for Molerstens-Cylindre.

skar hele Bundtet. Den stejleste og fladeste Enkeltkurves Afvigelse fra Middelkurvens ϵ ved 30 at var:

Vandfri: -16 og $+14\%$ Vanddrukne: -3 og $+4\%$.

Den ringere Spredning for de vanddrukne Cylindre skyldes maaske ikke blot disses ringere Antal, men ogsaa at Vandet har en egaliserende Virkning, ligesom det fandtes for Bøjningsstyrken (Side 21).

Elasticitetstallene beregnet af de totale Forkortelser er indført i Tabel 5. De vanddrukne Cylindres E er paa alle Lasttrin ca. 0,83 Gange de vandfries.

Tabel 5. M-Cylindres Elasticitetstal $E_{\perp} = \frac{\sigma}{\epsilon}$.

Spændingsomraade	Vandfri	Vanddrukne
0—5 at	18650 at	15400 at
0—10 »	17300 »	14600 »
0—15 »	16700 »	13900 »
0—20 »	16100 »	13400 »
0—25 »	15600 »	12850 »
0—30 »	15100 »	12230 »

Aflastningskurven, der bestemtes med samme Hastighed som Belastningskurven, var altid opadhul. For 4 vandfri Cylindre — hver fra sin Sten — der belastedes og aflastedes 2 Gange, fandtes Middelkurverne paa Fig. 11. Aflastningskurve Nr. 2 er ikke tegnet, da den kun laa en Ubetydelighed til højre for Nr. 1.

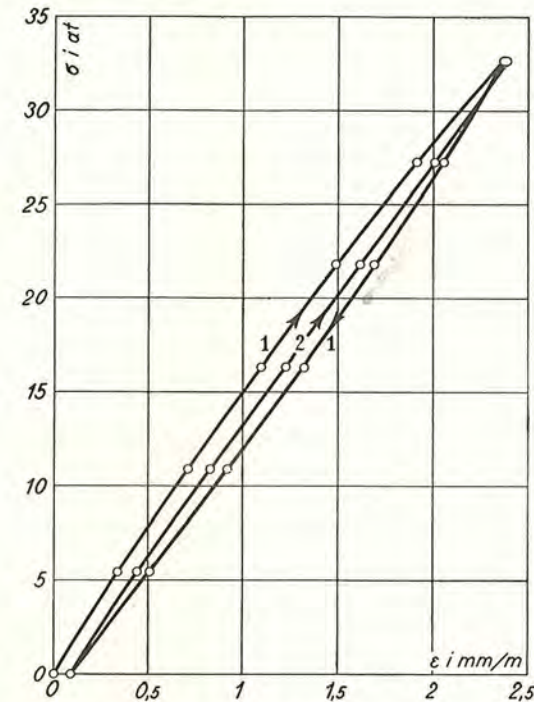


Fig. 11. Arbejdslinie ved 1' og 2' Belastning af 4 vandfri Cylindre.

Den blivende Forkortelse efter 1' Aflastning i Fig. 11 udgør 3,8% af den totale ved 32,5 at. Dens Vækst med Spændingen bestemtes kun for en enkelt, vandfri, Cylinder og fandtes at være:

	$\sigma =$	5,4	10,9	16,3	21,7	27,2	38,1 at
ϵ total		0,295	0,631	0,955	1,320	1,696	2,720 mm/m
ϵ blivende		0,009	0,019	0,026	0,045	0,059	0,208 »
do. i % af ϵ_{total}		3,7	3,0	2,7	3,4	3,5	7,6 %

De vanddrukne Cylindres blivende ϵ kunde ved 38 at være op imod dobbelt saa store som de vandfries, men ved lavere Spændinger var der ingen lovmæssig Forskel.

Belastningstidens Indflydelse paa Forkortelsen af de vandfri Cylindre var ikke mærkbar ved de almindelige Forsøg og blev kun bestemt for nogle enkelte Cylindre, idet man ved Maksimalspændingen (33 eller 38 at)

maalte ϵ saavel straks som nogle Minutter senere. Efter 3 Minutter var Tilvæksten højst 1,9% af den straks maalte Værdi, efter 6 Minutter højst 2,4%.

Paa de vanddrukne Cylindre havde tilsvarende høje Spændinger en overraskende stor Eftervirkning.

En vanddrukken Midtercylinder blev paa vanlig Vis belastet indtil 33,9 at og holdt paa denne Spænding i 6 Timer, hvorved ϵ voksede som den øvre Kurve paa Fig. 12 viser. Heraf skyldes ca. 40% Tørringssvindet

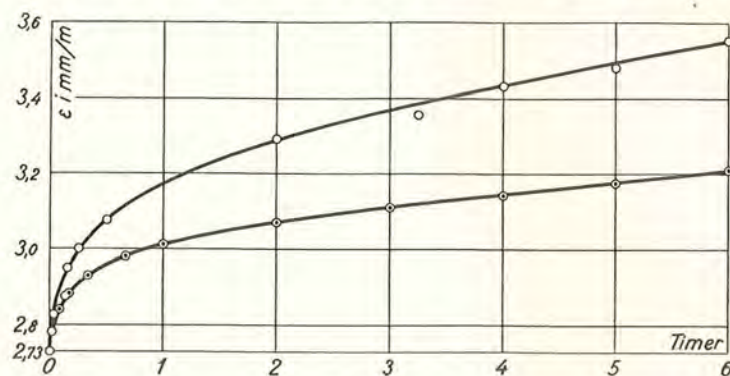


Fig. 12.

Øverste Kurve viser Forkortelsens Vækst under 6 Timers Belastning med 33, 9 at.
Nederste Kurve viser det samme, efter at Tørringssvindet er fradraget.

i de 6 Timer (se Side 18), og fradrages dette, faas den nedre Kurve, der viser, at Belastningen i de 6 Timer har forøget ϵ fra 2,73 til 3,21, altsaa med 0,48 mm/m eller 17,6% af den først aflæste Forkortelse 2,73.

Lignende Forsøg med 3 andre Cylindre gav lignende Resultater.

Af Tilvæksten $\Delta\epsilon$ under en langvarig Belastning er kun ca. Halvdelen blivende, Resten forsvinder under Aflastningen og er altsaa elastisk. Denne elastiske Tilvækst, der udvikler sig saa langsomt, forsvinder ogsaa langsomt. Det viste sig ved, at den opadhule Aflastningskurve blev hulere end normalt, idet Sammentrækningen ved Aflastningens Begyndelse var mindre end ellers og større ved de lave Spændinger.

Forsøgene viser, at det vaade Materiale er i Besiddelse af en betydelig Træghed, naar det tvinges til at ændre Form ved en Spændingsændring; saavel den elastiske som den plastiske Eftervirkning er stor.

Dette medfører, at σ - ϵ -Kurven er stærkt afhængig af Forsøgshastigheden.

Træghedens Aarsag er muligvis at søge i Materialets Blødhed og i Vandbevægelser i dets fine Porer. Naar Cylinderen belastes, søger Vandet at undvige, men det sker langsomt som Følge af den store Friktion. Derfor virker Vandet under en kortvarig Belastning afstivende, men efterhaanden som det forsvinder under en langvarig Belastning, forøges ϵ .

2. Forsøg med hele M-Sten. Tryk paa Kopfladen.

Prøvelegemerne var hele Sten i ubearbejdet Tilstand (se Fig. 13).

Kraften virkede i Stenens Længderetning og overførtes til Kopfladerne gennem 12 mm Danatexplader. Maalingerne udførtes midt paa Bredsiderne. Maaleapparaterne var som i Afsnit 1, Side 21, men Maalelængden var 5 cm.

Prøvemaskinen var en 50 Tons Spindelmaskine med Bismervægtstang til Kraftmaaling.

Belastningen skete som i Afsnit 1, men Belastningshastigheden var kun 2 at/min.

Der blev prøvet 3 vandfri Sten og 3 vanddrukne.

Arbejdslinierne ved 1' Belastning er vist paa Fig. 13 og mærkede 1. Den stejleste og fladeste Enkeltkurves Afvigelse fra Middelkurvens ϵ ved 20 at var:

Vandfri: -5 og +8%

Vanddrukne: -17 og +13%.

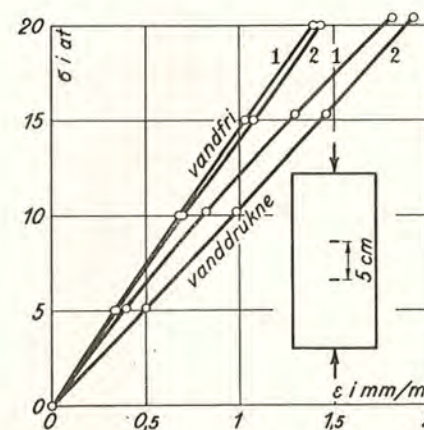


Fig. 13. Hele M-Stens Arbejdslinier ved 1' og 2' Belastning.

Elasticitetstallene beregnet af de totale Forkortelser er indført i Tabel 6. De vanddrukne Stens E er lavere end de vandfries. Forholdet er 0,86 ved 5 at og 0,79 ved 20 at.

Tabel 6. Hele M-Stens Elasticitetstal $E \neq \frac{\sigma}{\epsilon}$.

Spændingsomraade	Vandfri	Vanddrukne
0—5 at	14900 at	12850 at
0—10 »	14700 »	12400 »
0—15 »	14550 »	11850 »
0—20 »	14400 »	11360 »
0—25 »	14000 »	
0—30 »	13600 »	

Den blivende Forkortelse af de vandfri Sten efter Belastning med 30,2 at var 0,053 mm/m (0,043—0,068¹⁾), medens den for de vanddrukne efter Belastning med 24,9 at (20,4—30,9) var 0,094 at (0,036—0,127); den store Forskel mellem de vanddrukne Stens ε skyldes Forskelle i Stenene og ikke i Maksimalspændingen, thi mindste Værdi af $\varepsilon_{\text{blivende}}$ fandtes hos Stenen med størst σ og omvendt.

Sammenligning med Cylindrene. Forholdet $\varepsilon_{\neq} : \varepsilon_{\perp}$ ($= E_{\perp} : E_{\neq}$) mellem Værdierne i Tabel 5 og 6 er indført i Tabel 7.

Tabel 7. Forholdet mellem de hele M-Stens og Cylindrenes Sammentrykkelighed.

	σ i at:	5	10	15	20	Middel
$\varepsilon_{\neq} : \varepsilon_{\perp}$ for vandfri Legemer:		1,25	1,18	1,15	1,12	1,18
» » vanddrukne » :		1,20	1,18	1,17	1,18	1,18

De hele Stens ε er altsaa 18% større end Cylindrenes, og det skyldes utvivlsomt — se Afsnit 3, Side 27 — at Stenene er strengpressede. Under Presningen vil Luft og Vand i Lerstrengen søge at undvige i den Retning, hvor Trykket er mindst, altsaa i Strengens Længderetning. Derved dannes Kanaler vinkelret paa Stenens Lejeflader, saaledes at Stenen i nogen Grad kommer til at virke som et Rørbundt, der lettere sammentrykkes tværs paa Rørene end i disses Længderetning.

2' Belastning. Middelkurverne ved 2' Belastning er tegnet paa Fig. 13 sammen med Middelkurverne ved 1' ud fra samme Nulpunkt. Den stejleste og fladeste Enkeltkurves Afvigelse fra Middelkurvens ε var ved 20 at:

Vandfri: -3 og +4% Vanddrukne: -11 og +8%.

Kurverne 2 er mere retliniede end Kurverne 1.

De vandfri Sten er nogenlunde lige stive ved 1' og 2' Belastning.

De vanddrukne Sten er blevet mindre stive, og Kurven er blevet svagt opadhul. Det maa bemærkes, at disse 3 Sten ved 1' Belastning havde været oppe paa en Spænding af henholdsvis 20,2, 23,5 og 30,9 at, og at deres Stivhed ved 2' Belastning var formindsket des mere, jo højere Spændingen havde været ved 1'. Dette tyder paa, at de nævnte Spændinger har efterladt en Svækkelse, og denne Antagelse understøttes af, at naar Stenene efter 3 Belastninger tørredes og i vandfri Tilstand underkastedes en 4', fandtes lave Værdier af E , nemlig 12150 at ved $\sigma = 5$ at og 11530 at ved $\sigma = 20$ at.

Elasticitetstillene ved 2' Belastning er indført i Tabel 8.

Stenenes Tværuddvidelse ε_t blev maalt med Huggenbergermaalere forstørende ca. 1100 Gange. Den vandrette Maalelængde var 5 cm og var

¹⁾ Efter 10 Minutters Ventetid fandtes for denne Sten 0,046, hvorved Middeltallet ændres til 0,045.

anbragt midt paa de to Bredsider. Da den lodrette Forkortelse ε_c ogsaa blev maalt paa dette Sted, og da de 2 Maaleinstrumenter ikke kunde være der samtidigt, blev ε_t maalt ved en 3' Belastning og sammenlignet med ε_c ved 2'. Resultatet findes i Tabel 8.

Tabel 8. M-Stens E_{\neq} ved anden Belastning samt $\varepsilon_c : \varepsilon_t$.

Spændingsomraade	Vandfri		Vanddrukne	
	E_{\neq}	$\varepsilon_c : \varepsilon_t$	E_{\neq}	$\varepsilon_c : \varepsilon_t$
0—5 at	14500	7,25	10200	7,90
0—10 »	14300	7,25	10360	7,50
0—15 »	13950	7,25	10500	7,40
0—20 »	13980	7,25	10640	7,40
0—25 »	13840	7,26		
0—30 »	13800	7,26		

$\varepsilon_c : \varepsilon_t$ er lidt varierende, men dog lidt større for de vanddrukne Sten end for de vandfri. Værdierne er noget større, end andre har fundet dem for stærkt porøse Sten (L4, Side 163).

3. Forsøg med M-Cylindre. Tryk parallelt med Stenens Længderetning.

At et Tryk paa Stenenes Kopflader medfører større ε end et Tryk paa Lejefladerne blev Side 26 forklaret ved Stenenes Struktur. Aarsagen kunde ogsaa søges i Prøvelegemernes uens Form og de uens Forsøgsmaader, og nye Forsøg blev derfor udført alene med Cylindre, der udboredes som vist paa Fig. 14.

Der udboredes 3 Cylinderpar, hvert af sin Sten. Efter Tørring blev de vejjet og maalt. Rumvægten var:

Cylindre med lodret Akse: $\frac{1}{3} \cdot (7,60 + 7,73 + 8,38) = 7,90 \text{ g/cm}^3$
 » » vandret Akse: $\frac{1}{3} \cdot (7,60 + 7,68 + 8,30) = 7,86 \text{ » } .$

Værdierne for Cylindre fra samme Sten staar under hinanden.

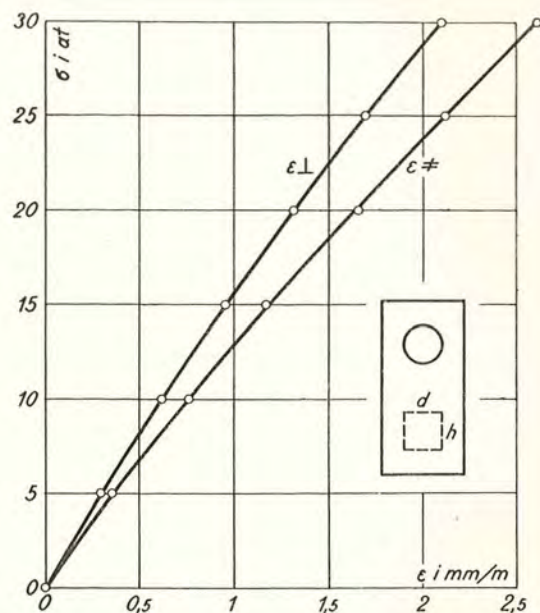
De maalte ε -Værdier ved Tryk vinkelret paa Stenens Lejeflade — ε_{\perp} — og parallelt med denne — ε_{\neq} — er indført i Tabel 9. Man ser, at $\varepsilon_{\neq} : \varepsilon_{\perp}$ er endnu større end for de vandfri Legemer i Tabel 7; Sammentrykkeligheden i Stenens Længderetning er altsaa faktisk større end i Retningen vinkelret paa Lejefladerne.

Arbejdslinierne paa Grundlag af Middelværdierne er tegnede paa Fig. 14. Den stejleste og fladeste Enkeltkurves Afvigelse fra Middelkurvens ε ved 20 at var:

$\varepsilon_{\perp} : -7\% \text{ og } +6\% \quad \varepsilon_{\neq} : -3\% \text{ og } +2\%.$

Tabel 9. ε_{\perp} og ε_{\neq} for vandfri Molerstencylindre.

$\sigma =$	5	10	15	20	25	30 at
Nr.	ε_{\perp}					
1a	0,265	0,550	0,875	1,23	1,61	2,01 mm/m
2a	0,295	0,650	1,015	1,40	1,79	2,22 »
3a	0,330	0,655	0,985	1,32	1,675	2,06 »
Middel	0,297	0,618	0,958	1,317	1,692	2,097 mm/m
Nr.	ε_{\neq}					
1b	0,290	0,700	1,175	1,675	2,185	2,720 mm/m
2b	0,380	0,790	1,200	1,610	2,035	2,510 »
3b	0,400	0,800	1,230	1,685	2,135	2,600 »
Middel	0,357	0,763	1,168	1,657	2,118	2,610 mm/m
$\varepsilon_{\neq} : \varepsilon_{\perp}$	1,20	1,23	1,22	1,26	1,25	1,25
Middel af $\varepsilon_{\neq} : \varepsilon_{\perp} = 1,235$.						

Fig. 14. Arbejdslinier for M-Cylindre udborede 1 Stenens Lejeflade eller \neq dens Længdeakse.

Elasticitetstallene er indført i Tabel 10.

Tabel 10. Vandfri M-Stens Elasticitetstal $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ bestemt med Cylindre, hvis Akse enten er \perp Stenens Lejeflader eller \neq Stenens Længderetning.

Spændingsomraade	Trykretning	
	\perp Lejeflade	\neq Længderetning
0— 5 at	16850 at	14000 at
0—10 »	16180 »	13110 »
0—15 »	15660 »	12840 »
0—20 »	15200 »	12070 »
0—25 »	14750 »	11810 »
0—30 »	14300 »	11490 »

Den blivende Forkortelse udtrykt i % af den totale ved σ_{maks} (32,8 at) var gennemsnitlig 3,7% for ε_{\perp} og 4,8% for ε_{\neq} , men Enkeltværdierne varierede stærkt.

B. TEGLSTENENE.

a. LÆNGDE, VÆGT, VANDOPTAGELSE, STYRKE.

Som nævnt i Stykke A, Side 8, var Forsøgsstenene kalkrige, gule, maskinstrøgne Sten, som Værket sorterer i 4 Klasser efter Farvens Renhed og sælger under Betegnelserne Gule I, II, III og Flamsten. Til Forsøgene brugtes Gule III, men de blev i Laboratoriet sorteret efter Længde, og kun Sten med Længden 225,5—229,5 mm blev brugt (Stykke C, Side 9); Tykkelse og Bredde var som Molerstenenes. Stenene kaldes i det følgende Flamsten (F-Sten).

Længden var som nys nævnt 225,5—229,5 mm.

Vægten af 45 Sten var:

I vandfri Tilstand	2219 g/Sten (2028—2401)
» stuetør »	2223 » (2032—2403).

Indholdet af hygroskopisk Vand var kun 3,5 g/Sten eller 0,16 Vægt pct.

Rumvægten af 5 halve Sten fandtes ved hydrostatisk Vejning at være:

I vandfri Tilstand	1736 kg/m ³ (1654—1785)
Efter 7 Døgn Vandlagring	2050 » (2024—2078).

Rumvægten af 32 udborede Cylindre ($h = 4,3—5,0$ cm, $d = ca. 5,0$ cm) stammende fra 24 Sten fandtes ved Maaling og Vejning at være:

I vandfri Tilstand	1697 kg/m ³ (1590—1778).
--------------------	-------------------------------------

I Stenenes Midte og Hjørner var Rumvægten gennemsnitlig ens; af 8 Sten udboredes 1 Cylinder i Midten og 1 i et Hjørne, og Middelværdien var henholdsvis 1703 og 1701 kg/m³.

Vandoptagelsen i 10 hele Sten (vandfri) efter 7 Døgn Vandlagring udgjorde 18,5 Vægt pct. (13,4—24,8) svarende til 32,2 Rumpct.

Ved Opmuring af Piller i Cementmørtel dyppedes Stenene 3 sec i Vand, hvorved de gennemsnitlig optog 64 g/Sten svarende til 2,87 Vægt pct. eller ca. 5,0 Rumpct., altsaa omtrent det samme som Molerstenene (Side 17). For 4 særlig lette Sten (2042 g/Sten) fandtes 3,6 Vægt pct. eller ca. 6,0 Rumpct.

Trykstyrken af udborede Cylindre fandtes at være¹⁾:

I vandfri Tilstand (15 Cylindre fra 15 Sten)	582 at (485—700)
Efter 7 Døgn Vandlagring (8 Cyl. fra 4 Sten)	610 » (495—765).

Vandet har altsaa ikke forringet Styrken, hvilket det heller ikke plejer at gøre, naar Styrken overstiger ca. 200 at (L1, § 924).

Trykstyrken af sammenmurede Halvstenstærninger bestemtes som for Molerstenene²⁾, men Stenene blev halverede paa 2 forskellige Maader; 10 Sten blev overskaaret med Karborundumsav, 10 andre blev delt ved at trykkes i en Presse mellem Rundjærn (Fig. 15). Trykstyrken var:

Overskaarne Sten	452 at (328—540)
Sprængte Sten	428 » (323—500).

Sprængningen synes saaledes at svække Stenene 5%, men da Svækkelsen er saa ringe i Forhold til Differensen mellem Yderværdierne, vil der i det følgende blive regnet med

Middeltallet	440 at (323—540).
--------------	-------------------

Forholdet mellem Styrken af vandfri Cylindre og af tørrede Halvstenstærninger er $582:440 = 1,32$. Cm-Fugen virker altsaa svækkende.

Trykarbejdslinien omtales i Afsnit 1, Side 32.

Bøjningsstyrken af hele Sten paa Fladen var³⁾:

I vandfri Tilstand (14 Sten)	58,0 at (43,9—69,0)
Efter 7 Døgn Vandlagring, 18,3 Vægt pct. Vand (15 Sten)	48,9 » (27,3—71,0)
Med 1,9 Vægt pct. Vand (10 Sten)	59,0 » (39,8—81,1).

Bøjningsstyrken forringes altsaa ved Vandmætning i Modsætning til Cylinder-Trykstyrken.

Den store Styrke hos de svagt vaade Sten er paafaldende. Det er muligt, at Stenantallet har været for ringe til at vise Vandmængdens Indflydelse, skønt Stenene til de 3 Vaadhedsgrupper med Omhu udtoges saaledes, at hver Gruppens Sten fik samme Middellængde.

Forholdet mellem de vandfri Stens Bøjningsstyrke og Trykstyrken af de vandfri Cylindre og af de tørrede Halvstenstærninger er $58,0:582 = 0,10$ og $58,0:440 = 0,13$. Forholdene er altsaa noget mindre end for Molerstenene, hvilket stemmer med, at ogsaa andre Forskere har fundet, at Forholdet aftager med voksende Stenstyrke; ved de paagældende Forsøg

¹⁾ Forsøgene udførtes i Richters 60 t hydrauliske Presse indstillet til 20 t Maksimallast. Belastningshastigheden var ca. 6,6 at/sec.

²⁾ Kun brugtes Alphas hydrauliske 200 t Presse indstillet til 100 t Maksimallast; Belastningshastigheden var ca. 5 at/sec.

³⁾ Prøvningen skete i Amslers 5 Tons Presse indstillet til 1 Ton Maksimallast.

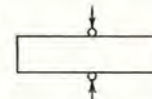


Fig. 15.

(L4) var dog Stenstyrkens Indflydelse langt større end ved de foreliggende; se ogsaa L11, Side 14 og L7, Side 12.

Naar Brudstykkerne af de vandfri Sten prøvedes med 10 cm Spændvidde, fandtes 6% Styrkeforringelse, mens Molerstenene viste 19% Styrkeforøgelse. At Brudstykkerne kan findes svagere end de hele Sten skyldes formentlig, at Brudstedet falder omtrent i Stenens Fjerdedelspunkt. Naar Sten med Aarringe-Struktur faar Ringrevner som Følge af Tørrings- og Brændingssvind, optræder de gerne paa dette Sted, som derfor maa antages at være svagt, selv om Stenen ikke er revnet, hvilket stemmer med senere Forsøg (Side 34).

Bøjningsstyrken af hele Sten paa Højkant med den glatte Løberside som Trækside var:

I vandfri Tilstand (13 Sten) 67,2 at (44,1—110,0).

Den større Styrke skyldes Stillingen, thi naar Brudstykkerne prøvedes paa Fladen, fandtes 57,2 at (23,0—83,3).

b. Teglstenenes Arbejdslinier og Elasticitetstal.

1. Forsøg med Cylindre. Tryk vinkelret paa Stenens Lejeflader.

Forsøgene udførtes som de tilsvarende med M-Sten (Side 21) med følgende Afvigelser: Cylindrene blev kun slebet paa Endefladerne, og Sammentrykningen maales med Huggenbergermaalere, der forstørrede 1100 Gange. Belastningen skete i Trin paa 25 at. Belastningshastigheden var 25 at/min.

Disse Cylindres Endeflader maatte planslibes med større Omhu end M-Cylindrenes grundet paa Materialets større Stivhed. Er Endefladerne kuplet, bliver σ og ϵ mindre i Overfladen, hvor ϵ maales, end i Aksen; er den skaalformet, bliver Forholdet omvendt. Disse Virkninger af Endefladerens Form aftager med voksende Spænding. 2 Forsøg med en vanddrukne Cylinder, hvis Endeflade først var svagt kuplet og derpaa blev omhyggeligt planeret, viste, at Forholdet mellem de maalede Værdier af ϵ var 0,22 ved 25 at, stigende til 0,60 ved 200 at¹⁾.

Prøvelegemerne var:

5 vandfri Cylindre med Rumvægt 1731 kg/m³ (1683—1768).

5 vanddrukne Cylindre med Rumvægt (vandfri) 1702 kg/m³ (1625—1778). Vandindholdet var 16 Vægtpt. (14—18).

Arbejdslinierne er vist paa Fig. 16. 1' og 2' Belastningskurve var saa nær sammenfaldende, at kun 1' er tegnet.

¹⁾ Det havde været simplere at erstatte de to Ydercylindre med Træfiberplader, men man vilde ikke afvige fra Forsøgene med M-Cylindre.

Den stejleste og fladeste Enkeltkurves Afvigelse fra Middelkurvens ϵ ved 200 at var:

Vandfri: -16 og +10%

Vanddrukne: -13 og +10%.

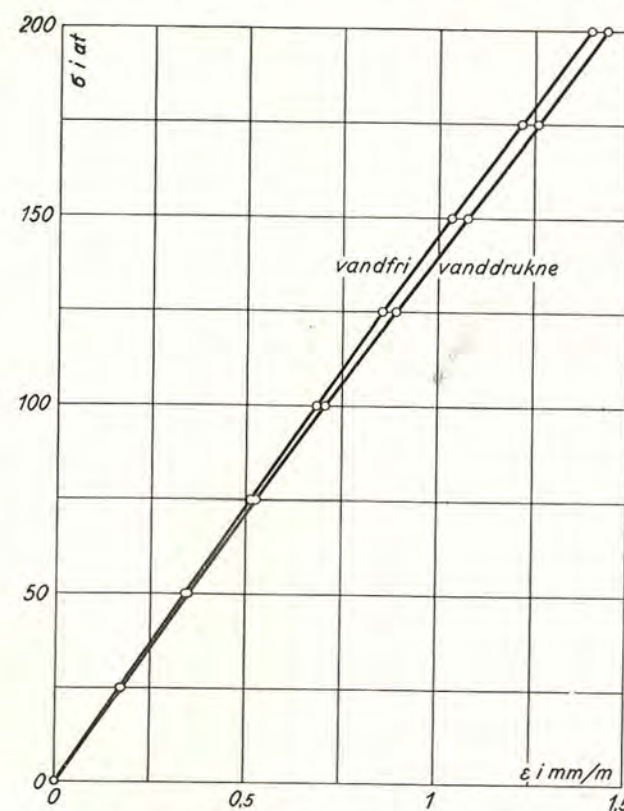


Fig. 16. Arbejdslinier for Flamstens-Cylindre.

Midter- og Hjørnecylindren fra samme Sten viste ingen lovmæssig Forskel i Sammentrykkelighed, men Forholdet undersøgtes kun for 2 vandfri og 2 vanddrukne Sten.

Elasticitetstallene beregnet af de totale Forkortelser er indført i Tabel 11.

Tabel 11. F-Cylindres Elasticitetstal $E_1 = \frac{\sigma}{\epsilon}$.

Spændingsomraade	Vandfri	Vanddrukne
0—25 at	146200 at	142900 at
0—50 »	» »	» »
0—75 »	» »	142300 »
0—100 »	» »	141400 »
0—150 »	145100 »	139300 »
0—200 »	143000 »	138900 »

2. Forsøg med hele F-Sten. Tryk paa Kopfladen.

2.1. Orienterende Forsøg over Sammentrykningens Fordeling over Stenlængden.

Under Omtalen af de tilsvarende Forsøg med M-Sten (Side 26) omtaltes de Vand- og Luftkanaler, der dannes i Lerstrengens Længderetning under Presningen. Hos Flamsten kan slige Kanaler undertiden forene sig til en oval Cylinderflade, i hvilken Vandet og Luften virker som en skillende Hinde, og Stenen kan da under Tørrings- og Brændingssvindet faa en gabende Ringrevne, der er videst i Afstanden ca. $1/4$ Stenlængde fra Stenens Ender. Selv om en saadan Skilleflade ikke er synlig, ligger det nær at antage, at Stenens Sammentrykkelighed i Længderetningen er særlig stor paa dette Sted.

Forud for de egentlige Forsøg med F-Sten blev derfor en enkelt, stueter Sten underkastet 9 Belastninger, ved hvilke Maalestrækningens Længde og Beliggenhed varieredes, som vist paa Fig. 17.

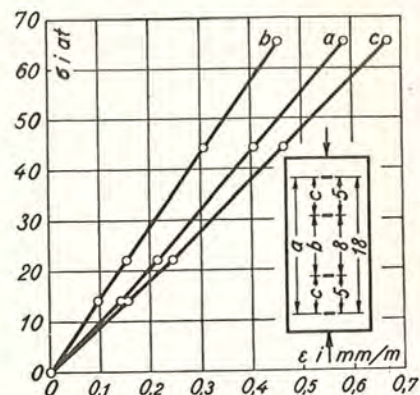


Fig. 17. Arbejdslinier for hel F-Sten. ϵ maalt paa Strækningerne a, b og c.

a-Kurven gælder for Maalelængden a (= 18 cm) og er Middelkurve for 2' og 5' Belastning.
b-Kurven gælder for Maalelængden b (= 8 cm) og er Middelkurve for 1', 3' og 4' Belastning.

c-Kurven gælder for Maalelængderne c (= 5 cm) og er Middelkurve for 6'—9' Belastning, idet der 2 Gange maalttes paa den øvre c-Strækning og 2 Gange paa den nedre; dennes Sammentrykkelighed afveg fra den øvres.

Enkeltkurverne for samme Maalestrækning var saa godt som sammenfaldende.

Kurverne bekræfter, at ϵ er særlig stor paa Strækningerne c; for Kurvernes Endepunkt er Elasticitetstallene:

Kurve	a	b	c
$E \left(= \frac{\sigma}{\epsilon} \right)$	111700	143800	97200 at.

For at faa en god Middelværdi af ϵ blev de følgende Forsøg udført med 20 cm Maalelængde.

2.2. Hovedforsøgene med hele F-Sten.

Forsøgene udførtes som med Molersten (Side 25) med følgende Afvigelser: ϵ maalttes med 2 Zeiss-Maaleure forstørrende ca. 170 Gange; Maalelængden var 20 cm; Belastningen skete i Trin paa 16,5 at; Belastnings-hastigheden var 6,6 at/min.

Der blev prøvet 9 Sten, af hvilke 3 var vandfri, 3 fugtige (1,92 Vægtpet. Vand) og 3 vanddrukne (19,6 Vægtpet. Vand).

Middelkurverne for 1' Belastning af de vandfri og fugtige Sten og Kurven for een af de vanddrukne Sten er tegnet paa Fig. 18.

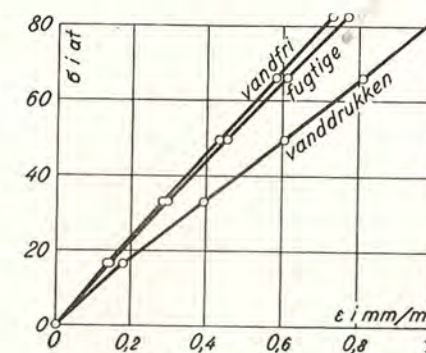


Fig. 18. Hele F-Stens Arbejdslinier.

Den stejleste og fladeste Enkeltkurves Afvigelse fra Middelkurvens ϵ var ved 82,6 at:

Vandfri: -5 og +10% Fugtige: -13 og +6%.

Ved Prøvningen af de vanddrukne Sten gik den ene — der havde Aarring-Struktur — i Stykker ved ca. 50 at under Dannelse af Ringrevner, saa denne Sten blev udskudt. Den anden opførte sig normalt indtil 66 at, men paa det næste Spændingstrin (82,6 at) gav den et lille Knald og fik en stor Forkortelse. Kun den tredje forholdt sig normalt, og kun dennes Kurve er tegnet.

Elasticitetstallene beregnet af de totale Forkortelser ved 1' Belastning er indført i Tabel 12. Tallene for de vanddrukne Sten er Middeltal for de to, der opførte sig normalt indtil 66 at.

Ligesom hos Molerstenene er de vanddrukne Stens E lavere end de vandfris; Forholdet er 0,75. De fugtige Stens E er kun 5% lavere end de vandfris.

Tabel 12. Hele F-Stens Elasticitetstal $E_{\neq} = \frac{\sigma}{\epsilon}$.

Spændingsomraade	Vandfri	Fugtige	Vanddrukne
0—25 at	119200 at	113300 at	89400 at
0—50 »	114500 »	109700 »	87000 »
0—75 »	113200 »	107800 »	

Den blivende Forkortelse af de vandfri og fugtige Sten efter 1' Belastning med 82,6 at var henholdsvis 0,006 mm/m (0,000—0,012) og 0,035 mm/m (0,015—0,075), medens den for den ene vanddrukne Sten efter Belastning med 99 at var 0,05 mm/m. Ved 2' Belastning af denne Sten gik man op til 165 at, hvorved den totale og blivende Forkortelse voksede til 2,0 og 0,105 mm/m regnet fra Nulpunktet for 1' Belastning.

Sammenligning med Cylindrene. De hele Stens ϵ er større end Cylindrenes (Tabel 13) og — i Modsætning til M-Stenene (Tabel 7) — navnlig naar Prøvelegemerne er vanddrukne.

Tabel 13. Forholdet mellem de hele F-Stens og Cylindrenes Sammentrykkelighed.

σ i at:	25	50	75	Middel
ϵ_{\neq} for vandfri, hele Sten	0,210	0,437	0,663	
ϵ_{\perp} for vandfri Cylindre	0,171	0,342	0,513	
$\epsilon_{\neq} : \epsilon_{\perp}$ for vandfri Legemer	1,23	1,28	1,29	1,27
ϵ_{\neq} for vanddrukne hele Sten	0,280	0,590		
ϵ_{\perp} for vanddrukne Cylindre	0,175	0,350		
$\epsilon_{\neq} : \epsilon_{\perp}$ for vanddrukne Legemer	1,60	1,69		1,65

Stenenes Tværuddvidelse ϵ_t blev maalt som paa M-Sten (Side 26), men kun paa 1 vandfri og 1 fugtig Sten. Forholdet $\epsilon_c : \epsilon_t$ paa de 5 Spændingstrin var henholdsvis 7,26 (7,00—7,46) og 8,99 (8,31—9,65). Den høje Værdi for den fugtige Sten er formentlig mere knyttet til den paagældende Sten end til Vandindholdet.

C. MØRTLERNE.

Det halve Antal Piller opmuredes i Kalkmørtel, Resten i Cementmørtel.

a. MØRTLERNES FREMSTILLING.

Kalken var Hydratkalk (vindsigtet, pulveriseret Kalkhydrat) indeholdende 91% $\text{Ca}(\text{OH})_2$. De resterende 9% regnedes for Sand.

Cementen var alm. dansk Portlandcement.

Sandet til Kalkmørtlen var alm. københavnsk Kalkmørtelsand (Havsand fra Disken). Til Cementmørtlen brugtes Skælsand (Havsand fra Lappegrunden). Kornfordelingen bestemt med Traadsigter og angivet i % af Tørvægten var:

Maskevidde	Km-Sand	Cm-Sand
4,67—2,36 mm	0,1 %	0,1 %
2,36—1,17 »	0,1 »	0,3 »
1,17—0,59 »	0,3 »	3,8 »
0,59—0,30 »	10,9 »	48,2 »
0,30—0,15 »	82,0 »	45,6 »
0,15—0 »	6,6 »	2,0 »
	100,0 %	100,0 %

Vandet var københavnsk Ledningsvand.

Mørtlernes Fremstilling skete i Laboratoriet.

Blandingsforholdet efter Vægt var:

Km: 8 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ + 92 Sand + 25,5 Vand
Cm: 25 Cement + 75 Sand + 19,7 Vand.

Flydeevnen bestemt paa Laboratoriets lille Rystebord (se L7, Fig. 2) var:

Km: 1,67 Cm: 2,20.

Den friskblandede Cementmørtel vejede 2,375 kg/l.

b. DEN HÆRDNEDE MØRTELS RUMVÆGT, STYRKE OG VANDINDHOLD.

Mørtlerne prøvedes i Form af smaa Stænger $2 \cdot 2 \cdot 12$ cm, der fremstilledes og afsugedes som beskrevet i L7, Side 14 og L9, Side 20. Ved 5 af Pillernes Opmuring støbtes Stænger — hver Gang 6 — og de lagredes ovenpaa Pillen i et lille muret Kammer, hvis Vægge var et Skifte Petringer, og hvis Loft var en paamuret Plade af Staalblik. Stængerne fik derved nogenlunde samme Hærdningsforhold som Mørtlen i Pillernes Kærne. Stængerne prøvedes samme Dag som Pillen, d.v.s. 20 Uger gamle.

Nogle Piller, som ikke vedkommer denne Beretning, blev opmuret sammen med de andre og i samme Mørtel, men først prøvet 28 Uger gamle. Til disse hørte 3 · 6 Stænger, som blev prøvet sammen med Pillerne.

Værdierne er indført i Tabel 14.

Tabel 14. Mørtlernes Rumvægt og Styrke.

Mørtel	Alder	Rumvægt g/cm ³			Bøjningsstyrke at			Trykstyrke at		
		Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.
Km	20 Uger ¹⁾	1,58	1,59	1,61	2,1	3,1	3,8	4,4	6,7	8,5
	28 " ²⁾	1,59	1,59	1,60	2,8	2,8	2,9	5,3	6,7	7,7
Cm	20 " ¹⁾	1,99	2,02	2,04	65	74	85	428	447	461
	28 " ²⁾	2,00	2,03	2,05	63	77	89	397	446	479

¹⁾ Middeltallene er Middeltal for 5 Grupper á 6 Stænger. Min. og Maks. er Middeltal for den svageste og den stærkeste Grupper 6 Stænger.

²⁾ Middeltallene er Middeltal for 3 Grupper á 6 Stænger. Min. og Maks. er Middeltal for den svageste og den stærkeste Grupper 6 Stænger.

Tallene viser, at hverken Rumvægt eller Styrke har ændret sig efter 20' Uge.

Rumvægten bestemtes ved Vejning og ved Maaling af Tværsnit og Længde.

Kalkmørtlens Styrke bestemtes med en Spindelmaskine fra Schopper (L9, Side 23).

Ved Bøjningsforsøget var Spindelhastigheden 10 mm/min. Som Trækside paa Prøvestangen brugtes en af de ved Støbningen lodretstaaende Sideflader. Spændvidden var 10 cm, og Lasten en Enkeltkraft paa Midten.

Ved Trykforsøget var Spindelhastigheden 30 mm/min. Prøvelegemerne var de to Brudstykker fra Bøjningsforsøget; Trykket overførtes gennem de to Stangsider, der stod lodret ved Støbningen, og Trykfladernes Størrelse var 2 cm · 2 cm.

Cementmørtlens Styrke ved Bøjning bestemtes som Kalkmørtlens. Til Trykforsøget brugtes Amslers 5 Tons hydrauliske Presse med Kraftmaaleren indstillet til 3000 kg Maksimallast.

Mørtlernes Vandindhold paa Prøvningsdagen fandtes at være i % af Tørvægt:

Km: 0,468 % Cm: 3,39 %.

Værdierne bestemtes som angivet i Afsnit E, Side 43. Udtrykt i % af de fugtige Stængers Rumfang bliver Vandindholdet:

Km: 0,740 % Cm: 6,63 %.

Regnes med ens Rumfang af de fugtige og de tørre Stænger, bliver disses

Rumvægt: Km: 1,58 g/cm³ Cm: 1,95 g/cm³.

D. PILLERNES FREMSTILLING.

Pillerne (Fig. 19) var 1 Stens Piller med 10 Skifter opmuret paa en kvadratisk Staalplade $25 \cdot 25 \cdot 1,8$ cm og dækket foroven med en paamuret, tilsvarende Plade. Fugen nærmest Pladerne var i alle Tilfælde fremstillet af Cementmørtel. Disse Plader fulgte med Pillerne, indtil Prøvningen var afsluttet.

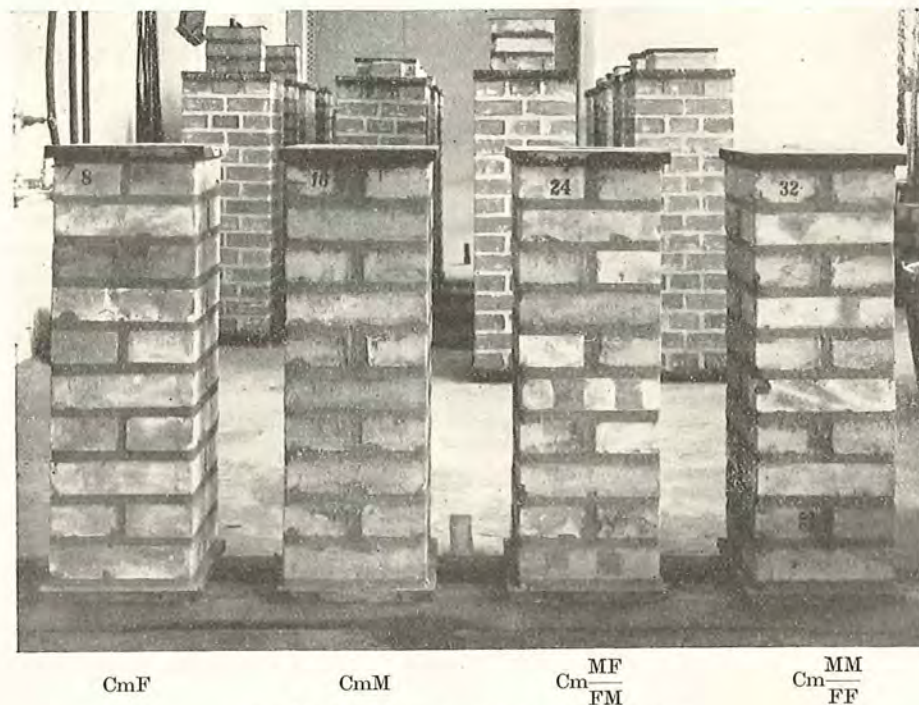


Fig. 19. En Cementmørtelpille af hver Slags.

I Kalkmørtel opmurede 16 Piller:

- 4 af Flamsten (F)
- 4 af Molersten (M)
- 4 med 1 M-Sten + 1 F-Sten i hvert Skifte $\left(\frac{MF}{FM}\right)$ (Fig. 20)
- 4 med hvert andet Skifte af M-Sten, hvert andet af F-Sten $\left(\frac{MM}{FF}\right)$ (Fig. 21).

Teglstens-Pillers Trykstyrke og Sammentrykkelighed

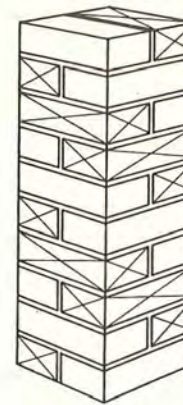


Fig. 20. $\frac{MF}{FM}$ -Pille.

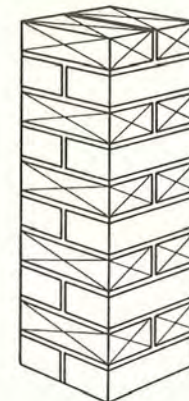


Fig. 21. $\frac{MM}{FF}$ -Pille.

I Cementmørtel opmurede 16 tilsvarende Piller.

Opmuringen udførtes i Laboratoriets Betonstøberum af en dygtig Murersvend. De 4 ens Piller i en Gruppe blev ikke opmuret paa samme Dag, men i Overensstemmelse med Tabel 15, som viser, at der paa samme Dag blev opmuret en Pille af hver Stenart. Middelstyrken af de 4 ens Piller i en Gruppe blev derved uafhængig af Opmuringsdagen.

Tabel 15. Opmuringsskema.

Opmuringsdag:		7/11	12/11	14/11	19/11	21/11	26/11	28/11	3/12
		Pillens Nr.							
F-Piller	{ Km	1	3			2	4		
	{ Cm			5	7			6	8
M-Piller	{ Km	9	11			10	12		
	{ Cm			13	15			14	16
$\frac{MF}{FM}$ -Piller	{ Km	17	19			18	20		
	{ Cm			21	23			22	24
$\frac{MM}{FF}$ -Piller	{ Km	25	27			26	28		
	{ Cm			29	31			30	32

Temperaturen var $15-16^{\circ}\text{C}$ og Luftens relative Fugtighed 66% (50—74).

Ved Muring med Cm dyppedes Stenene 3 sec i Vand, ikke ved Muring med Km. Den gennemsnitlige Vandoptagelse ved Dypningen var:

M-Sten: 0,071 kg pr. Sten

F-Sten: 0,064 kg pr. Sten.

Der muredes med 15 Skifter pr. m, og det tilstræbtes, at saavel Liggesom Stødfuger blev fyldt med Mørtel i samme Grad som ved 1' Klasses Arbejde i Praksis udført af en særligt omhyggelig Murer.

Efter Opmuringen overbrustes Pillerne 1 Gang om Ugen med 2 Liter Vand pr. m² Overflade jævnt fordelt over denne, altsaa svarende til et 2 mm tykt Vandlag¹⁾. Første Overbrusning foretoges, da Pillen var 1 Uge gammel, og ialt foretoges 6 Overbrusninger. Pillerne forblev paa Opmuringsstedet, indtil de skulde prøves (20 Uger). I Lagringsperioden var Temperaturen 12—19°, hyppigst ca. 15°C, og Luftens Fugtighedsgrad 32—77%.

¹⁾ Den aarlige Nedbør i København er ca. 560 mm, altsaa gennemsnitlig ca. 11 mm pr. Uge, og regner man, at den Vandmængde, der af Vinden føres ind paa 1 m² Facade, er ca. 1/5 af den, der falder paa 1 m² vandret Flade, kommer man til de 2 mm, der dog blev paaført samtlige Flader under Hensyn til den stærkere Fordampning i Laboratoriet.

E. PILLERNES VANDINDHOLD

Umiddelbart efter hver Pilles Knusning — Alder 20 Uger — udhuggedes Prøvestykker af Sten og Mørtel til Bestemmelse af Pillens Vandindhold. Stenprøverne udhuggedes af 8' og 9' samt 2' og 3' Skifte, Mørtelprøverne udtoges fra Lejefugerne mellem de nævnte Skifter. De i det følgende opgivne Vandmængder er Middeltal af de foroven og forneden fundne.

Som vist i Fig. 22 deltes Tværnittet i en Kærnezone A og en Randzone B, og der udtoges en Gennemsnitsprøve fra hver af disse Zoner. Dog medtoges intet Materiale fra de skraverede Hjørnepartier, som maatte regnes at være unormalt tørre.

Mørtelprøverne indeholdt hele Mørtelmængden paa Arealet A, henholdsvis de 4 Arealer B; alle vedhæftende Stenflager fjernedes.

Stenprøverne fra M- og F-Pillerne var Gennemsnitsprøver, der indeholdt lige meget af Stenene over og under Fugen. Fra Blandingspillernes 2' og/eller 3' Skifte udtoges kun M-Sten, fra 8' og/eller 9' Skifte kun F-Sten. Al vedhæftende Mørtel fjernedes.

Mørtelprøverne tørredes i Vakuumovn ved 98°C, saa de ikke fik Lejlighed til at optage CO₂. Stenprøverne tørredes i et almindeligt Varmeskab ved 105°C.

a. Vandprocenterne i Skal og Kærne og deres Forhold fremgaar af Tabel 16.

(1) Middeltallene i Tabellens sidste Spalte viser, at baade Mørtel og Sten har en større Vandprocent i Kærnen end i Skallen, og det samme gælder for hver enkelt af de 3 Pillegrupper.

Denne Vandfordeling maa i Hovedsagen skyldes, at Pillernes Udtørring ikke er afsluttet. I den nyopmurede Pille er K:S formentlig 1. Under Lagringen maa Værdien antages at vokse, indtil en vis Udtøringsgrad er naaet, selv om det sker under Svingninger i de første 6 Uger som Følge af den ugentlige Vanding. Naar den paagældende Udtøringsgrad er naaet, maa K:S antages at aftage under den videre Udtørring.

(2) Middeltallene for Mørtlerne viser, at Vandet i Cm-Fugerne i højere Grad end i Km-Fugerne er koncentreret i Kærnen, hvilket tyder

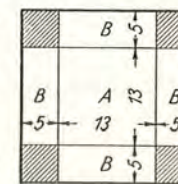


Fig. 22.

paa, at Fugevandets vandrette Bevægelse som Følge af Fordampningen fra Pillens Overflade er hurtigst hos Km. En bidragende Aarsag kan være, at der ved Km's Karbonatisering i Skallen udskilles Vand og dannes en tæt Karbonathinde, der hæmmer Fordampningen, mens Cm ikke udskiller Vand og ikke danner Hinde, men snarere faar Svindrevner, der begunstiger Skallens Udtørring.

Tabel 16. Skal og Kærnes Vandindhold i % af Tørvægt.

	M-Piller			F-Piller			Blandingspiller			Middel ¹⁾ K:S
	Skal	Kærne	K:S	Skal	Kærne	K:S	Skal	Kærne	K:S	
Km	0,55	0,63	1,14	0,51	0,54	1,06	0,587	0,650	1,11	1,11
Cm	2,31	2,67	1,15	2,30	3,13	1,36	2,50	3,19	1,28	1,27
M-Sten i Km	4,77	5,79	1,21				4,63 ²⁾	5,14 ²⁾	1,11 ²⁾	1,16
M-Sten i Cm	4,95	5,69	1,15				5,06 ²⁾	5,87 ²⁾	1,16 ²⁾	1,16
F-Sten i Km				0,128	0,156	1,22	0,185 ³⁾	0,228 ³⁾	1,23 ³⁾	1,23
F-Sten i Cm				0,203	0,346	1,70	0,193 ³⁾	0,340 ³⁾	1,76 ³⁾	1,73

¹⁾ Ved Dannelsen af Middeltallene for Mørtlerne er der tillagt Bl-Pillerne dobbelt Vægt, da Gruppen indeholder 8 Piller og de andre kun 4 hver. Dette er ikke gjort for Stenene, da der i Bl-Gruppen er prøvet samme Antal M-Sten som i M-Gruppen og samme Antal F-Sten som i F-Gruppen.

²⁾ Kun Sten fra Skifte 2 og 3.

³⁾ » » » » 8 » 9.

Men ser man paa Enkeltværdierne, viser det sig, at Stenarten har Indflydelse paa Fugevandets Fordeling, idet der suges Vand eller diffunderer Vanddampe fra Fuge til Sten eller omvendt. Hos M-Pillerne er K:S saaledes ens for de to Mørtler, mens Forholdet er meget forskelligt hos F-Pillerne. At forklare hvorfor F-Stenene virker stærkt fordelende paa Km's Vand og kun svagt fordelende paa Cm's, mens M-Stenene virker ens paa de to Mørtler, er ikke lykkedes; Forskellen kan næppe skyldes Forsøgsfejl, da Prøvernes Antal er meget stort, og da K:S for Bl-Pillerne meget nær er Middeltallet af Værdierne for M- og F-Pillerne.

(3) Middeltallene for **Stenene** viser, at Vandkoncentrationen i Kærnen er væsentligt større hos F-Stenene end hos M-Stenene, og navnlig er den stor hos F-Sten i Cm.

At Vandet er jævnt fordelt i M-Stenene, og at Fordelingen er ens — K:S = 1,16 — enten de ligger i Km eller i Cm, skyldes maaske M-Stenenes hygroskopiske Egenskaber. Disse Sten optager Fugtighed fra Luften, saa Skallens Vandindhold vil ikke synke under en vis Værdi. Se om disse Forhold L7, Side 7—8.

At F-Stenenes Værdi af K:S er langt større hos Cm-Pillerne end hos Km-Pillerne er ejendommeligt, og selv om de smaa Vandprocenter hos F-Stenene bevirker, at $\frac{K}{S}$ -Værdien hos disse Sten er mindre sikker end hos M-Stenene, kan Værdien 1,73 ikke være tilfældig, da den er Middeltal for 12 Piller, men en sandsynlig Forklaring af Forholdet er det ikke lykkedes at give.

b. De gennemsnitlige Vandprocenter i Lejefuger og Sten. Af Værdierne for Skal og Kærne i Tabel 16 kan de gennemsnitlige Vandprocenter beregnes, idet Kærnearealet regnes at være $13 \cdot 13 = 169 \text{ cm}^2$ og Skalarealet $23 \cdot 23 = 529 \text{ cm}^2$. Da de 4 Hjørner utvivlsomt har været tørrere end den undersøgte Del af Skallen, bliver de beregnede Middeltprocenter lidt for store.

Værdierne er indført i Tabel 17. I sidste Spalte findes Mørtelstængernes Vandindhold (se Side 39).

Tabel 17. Gennemsnitlige Vandindhold i Lejefuger og Sten angivet i % af Materialets Tørvægt.

	M-Piller	F-Piller	Bl-Piller	Middel ¹⁾	Mørtelstænger ²⁾
Km	0,58	0,52	0,61	0,58	0,468
Cm	2,43	2,56	2,72	2,61	3,390
M-Sten i Km . . .	5,09		4,79 ⁴⁾	4,94	
- - - Cm	5,18		5,32 ⁴⁾	5,25	
F-Sten i Km		0,14	0,20 ⁵⁾	0,17	
- - - Cm		0,25	0,24 ⁵⁾	0,25	

I Tabel 18 er Tallene omregnede til Rumprocent ved Multiplikation med følgende Rumvægte³⁾:

Km	1,580 g/cm ³	M-Sten	0,783 g/cm ³
Cm	1,950 »	F-Sten	1,736 »

¹⁾ Se fodnote 1 til Tabel 16.

⁴⁾ Kun Sten fra Skifte 2 og 3.

²⁾ Se Side 39.

⁵⁾ » » » » 8 » 9.

³⁾ Vægtprocenten p er en skarpt defineret Størrelse, hvilket ikke gælder Rumprocenten r , naar den bestemmes af p ved Multiplikation med Rumvægten. Den Værdi af r , man har Brug for ved Varmetransmissionsberegninger er $r = p \cdot \frac{P_t}{R_f}$, hvor P_t er Legemets Tørvægt og R_f dets Rumfang i den paagældende Fugtighedstilstand. De ovenfor anførte Mørtel-Rumvægte er Mørtelstængernes og beregnet som $P_t : R_f$ (se Side 39), medens Sten-Rumvægtene er beregnet som $P_t : R$, hvor R er fundet ved hydrostatisk Vejning og derfor er det vandmættede Legemes Rumfang; i det foreliggende Tilfælde er Fejlen uden Betydning.

Tabel 18. Gennemsnitlige Vandindhold i Lejefuger og Sten angivet i Rumprocent.

	M-Piller	F-Piller	Bl-Piller	Middel ¹⁾	Mørtel- stænger ²⁾
Km	0,91	0,82	0,96	0,91	0,74
Cm	4,75	5,00	5,31	5,09	6,630
M-Sten i Km	3,98		3,74 ³⁾	3,86	
» » » Cm	4,05		4,16 ³⁾	4,11	
F-Sten i Km		0,24	0,35 ⁴⁾	0,29	
» » » Cm		0,43	0,42 ⁴⁾	0,43	

Af Tabel 18 fremgaar:

(1) Vandprocentens Middeltal vokser i Ordenen:

		Gamle Forsøg ⁵⁾
F-Sten i Km	0,29 ⁶⁾	0,30 ⁶⁾
» » » Cm	0,43 ⁷⁾	0,43 ⁸⁾
Km	0,91 ⁶⁾	0,50 ⁶⁾
M-Sten i Km	3,86 ⁶⁾	3,75 ⁶⁾
» » » Cm	4,11 ⁷⁾	3,86 ⁶⁾
Cm	5,09 ⁷⁾	6,64 ⁸⁾

(2) Cm's Middeltal er 5,6 Gange Km's, dels fordi Cm er mere hygroskopisk, og dels fordi der til Cm-Pillerne brugtes dyppede Sten, ikke til Km-Pillerne.

(3) M-Stenenes Middeltal er 11 Gange F-Stenenes, og det skyldes deres hygroskopiske Egenskaber, der blandt andet er en Følge af deres store Porøsitet og fine Porer.

(4) Begge Slags Sten er vaadere i Cm end i Km, fordi de i 1' Tilfælde blev dyppede og desuden har været omgivet af en vaadere Mørtel.

(5) Mørtlernes Vandprocent synes ikke at paavirkes paa lovmæssig Maade af Stenenes Art; den er lidt større i Bl-Pillerne end i de andre.

(6) Af Tabel 18's sidste 2 Spalter fremgaar, at Km er vaadere i Pillerne end i Stængerne, mens Cm forholder sig omvendt, men Stangmørtlens Vandindhold maa dog siges at være nogenlunde det samme som Pillemørtlens, saa Lagringsmaaden har svaret til Hensigten.

¹⁾ Se Fodnote 1 til Tabel 16.

²⁾ Se Side 39.

³⁾ Kun Sten fra Skifte 2 og 3.

⁴⁾ » » » » 8 » 9.

⁵⁾ L7, Tabel 4—5.

⁶⁾ Pillerne opmuret af lufttørre Sten.

⁷⁾ » » » vanddyppede Sten.

⁸⁾ Hver 2' Pille opmuret af lufttørre Sten og hveranden af vanddrukne.

c. **Pillernes gennemsnitlige Vandindhold** og dets Fordeling over Sten og Mørtel er udregnet af Værdierne i Afsnit F og indført i Tabel 19. Stødfugernes Vandprocent er regnet at være den samme som Lejefugernes.

Tabel 19. Pillernes Indhold af Sten, Mørtel og Vand.

Pillens Art:	CmM	KmM	CmF	KmF
Stenenes Rumfang i % af Pillens	78,8	78,9	78,6	79,1
Mørtlens » » » » »	21,2	21,1	21,4	20,9
	100,0	100,0	100,0	100,0
Stenenes Vandindhold i % af Stenenes Rumf.	4,05	3,98	0,43	0,24
Mørtlens » » » » Mørtlens »	4,75	0,91	5,00	0,82
Pillens » » » » Pillens »	4,20	3,33	1,41	0,36
Stenenes Vandindh. i % af Pillens Vandindh..	76	94	24	53
Mørtlens » » » » » »	24	6	76	47

M-Pillernes Vandprocent er gennemsnitlig 4,2 Gange F-Pillernes, Cm-Pillernes 1,5 Gange Km-Pillernes.

Tallene stemmer tilfredsstillende med de gamle Forsøg (L7, Side 21—22).

F. PILLERNES MAAL, FUGETYKKELSE OG RUMVÆGT.

Umiddelbart før Trykprøvningen blev Pillerne vejede og maalt.

Højden maalt mellem Jærnpladerne var 66,9—68,0 cm. Ved fra Højden at trække Tykkelsen af Yderfuger + 10 Sten fandtes de almindelige Fugers Middeltykkelse at være:

Pillens Art:	KmM	CmM	KmF	CmF
Fugetykkelse:	1,15	1,16	1,21	1,25 cm
(» ved gl. Forsøg:	1,12	1,10	1,09	1,19 »)

altsaa lidt større i F- end i M-Pillerne og lidt større i Cm- end i Km-Pillerne, formentlig som Følge af F-Stenenes hurtigere Sugning og Cm-Mørtlens grovere Sand og mindre Evne til at fastholde Vandet.

Tværsnittet varierede fra 518 til 535 cm² og var gennemsnitlig:

M-Piller: 532 cm² F-Piller: 520 cm² Blandingspiller: 525 cm²

i Overensstemmelse med, at M-Stenene var længere end F-Stenene. Cm-Pillernes Tværsnit var 1⁰/₁₀₀ større end Km-Pillernes, maaske som Følge af det grovere Mørtelsand.

Rumvægten er indført i Tabel 20. Ved Udregningen blev der gjort Fradrag for øverste og nederste Fuge, der i alle Piller var af Cementmørtel, og tillagt en normal Fuge, saa Tallene gælder for 10 Stenlag + 10 normale Fuger.

Tabel 20. Pillernes Rumvægt i kg/m³ efter 20 Ugers Lagring.

	Kalkmørtel			Cementmørtel		
	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.
M-Piller	1011	1017	1027	1086	1093	1100
F-Piller	1688	1696	1712	1749	1765	1774
Middel..		1357			1429	
$\frac{MF}{FM}$ -Piller	1330	1346	1356	1401	1415	1427
$\frac{MM}{FF}$ -Piller	1344	1355	1366	1414	1422	1438
Middel..		1350			1419	

Som det var at vente, er Rumvægten af Pillerne med 50% M-Sten og 50% F-Sten meget nær lig med Middeltallet af M-Pillernes og F-Pillernes. For tilsvarende, men 9 Mdr. gamle Piller er tidligere fundet (L7, Side 22):

	Kalkmørtel	Cementmørtel
M-Piller	982	1027
F-Piller	1710	1757

Forskellene skyldes hovedsagelig de tyndere Fuger ved de gamle Forsøg; naar Mørtlens Rumvægt er større end Stenenes (M-Piller og CmF-Piller), vil tyndere Fuger give mindre Pillerumvægt og omvendt (KmF-Piller).

G. ELASTICITETS- OG STYRKEFORSØG.

Pillernes Alder: 20 Uger.

Prøvemaskine: Alphas 200 Tons hydrauliske Presse.

Trykmaaler: Amslers Pendulmanometer, der efter den forventede Styrke blev indstillet til at maale 20, 50, 100, 200 Tons.

Fastspændte og drejelige Trykplader. Hvis en lodret Pille med vandrette Endeflader trykkes mellem vandrette, stive Trykplader uden Kugleled, vil enhver lodret Linie i Pillen faa samme totale Forkortelse Δl , og hvis Sammentrykkeligheden varierer fra Linie til Linie, vil Spændingen ogsaa gøre det, og Spændingsresultanten vil som Regel ikke gaa gennem Midtpunktet af Pillens Endeflade; Trykkraften vil altsaa virke ekscentrisk.

Er Trykpladen derimod let drejelig om dette Midtpunkt, vil den dreje sig saa meget, at Spændingsresultanten gaar igennem det. Trykkraften vil da virke centralt, mens Δl varierer i Overensstemmelse med Trykpladens Stilling.

Mellem Pillens Staalplader, der ikke var planthøvlede, og Pressens polerede Trykplader blev der for at beskytte disse indlagt en 12 mm tyk Danatexplade. Paa Forhaand maatte det antages, at en saadan let sammentrykkelig Plade vilde virke som et Kugleled og centrere Trykkraften, selv om Trykpladerne var faste, men for at faa det eksperimentelt bekræftet blev Kugleledet sat ud af Funktion ved Prøvning af hver anden Pille; disse Piller sattes under et let Tryk, inden Trykpladerne fastspændtes, hvorefter Trykket ophævedes, og Arbejdslinien bestemtes. Som ventet fandtes saavel Arbejdslinie som Styrke ens ved de to Fremgangsmaader (Side 53 og 76).

Forsøgshastighed. Spændingen øgedes trinvis med 7 at. Naar et Lasttrin var naaet, holdtes Lasten konstant i $3\frac{1}{2}$ min, hvorpaa Maaleapparaterne aflæstes. Der blev derved 7 min mellem Aflæsningerne, saa den gennemsnitlige Belastningshastighed var 1 at/min.

Pillernes Sammentrykning maalttes med 4 Zeiss-Maaleure visende Forkortelsen ca. 170 Gange forstørret. Der maalttes mellem 2 Rammer (Fig. 23) fastskruet i øverste og nederste Skiftes vandrette Midterplan, hvor-

ved Maalelængden blev 60 cm (59,8—60,7). De 4 Maaleapparater var anbragt i Rammernes Hjørner.

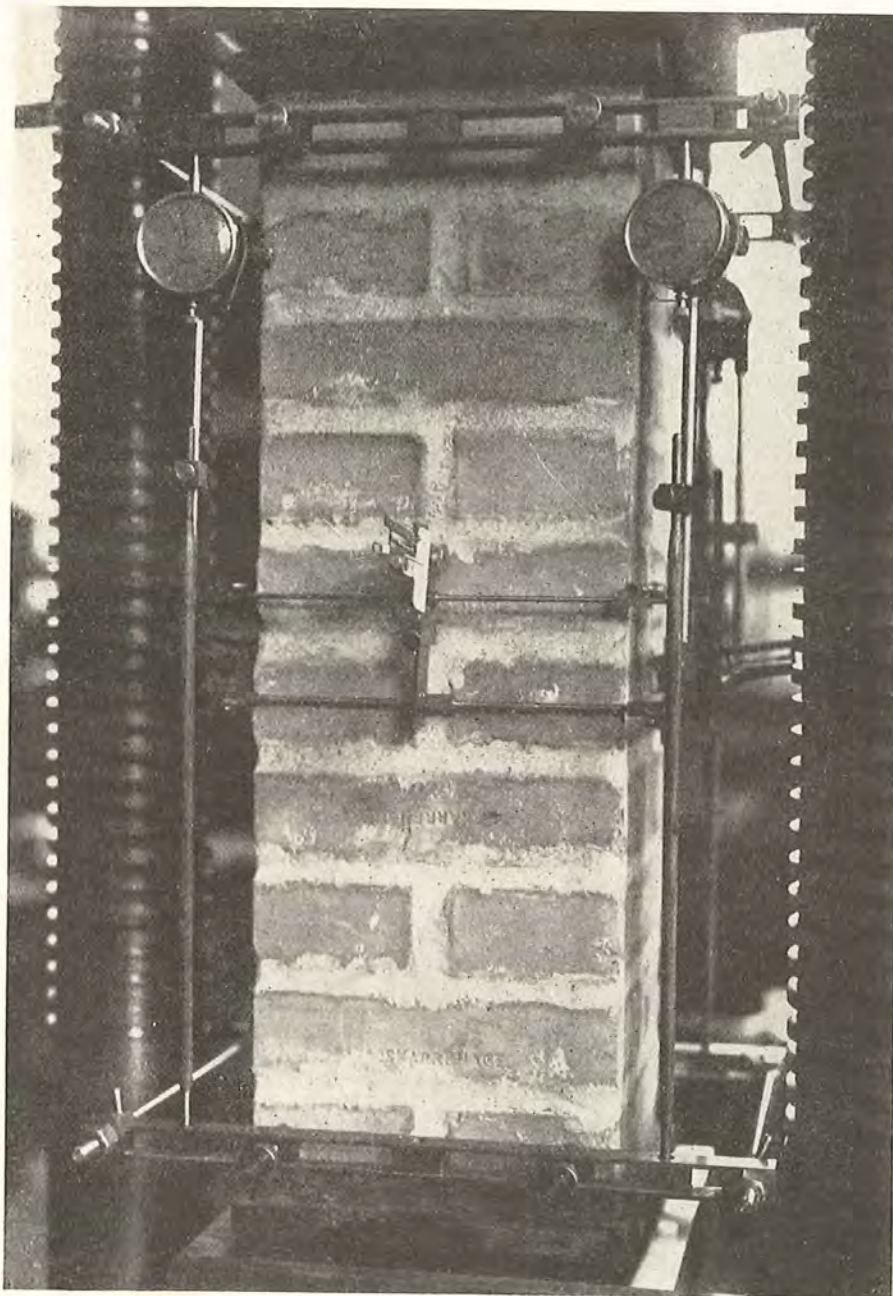


Fig. 23. KmM-Pille med Maaleapparater.

De enkelte Stens Sammentrykning maalttes midt paa Løbersiderne af de 4 Sten i 5' og 6' Skifte. Paa hver Sten anbragtes en Huggenbergermaaler, der viste Sammentrykningen 332 eller 1100 Gange forstørret, eftersom det var en M- eller en F-Sten. Maalelængden var 4 cm. Men disse Maalinger omtales ikke i det følgende.

H. PILLERNES ARBEJDSLINIER OG ELASTICITETSTAL.

Arbejdslinierne er vist paa Fig. 24 og 25. Hver Kurve er Middelkurve for 4 Piller; om Trykpladerne var fastspændte eller drejelige viste sig uden Betydning. Overhovedet var Enkeltkurvernes Afvigelse fra Middelkurven ringe. Kurvernes Endepunkt svarer ikke til Brudøjeblikket, men til den højeste Spænding, ved hvilken Pillen kom i Ro i Løbet af den Periode — $3\frac{1}{2}$ Minut — i hvilken Lasten holdtes konstant. Brudspændingen er vist ved en vandret Streg over Endepunktet. Arbejdslinien for CmF-Pillerne er dog afbrudt langt tidligere end de øvrige; den var omtrent retliniet op til ca. 200 at.

De vandfri M- og F-Cylindres Kurver er overført fra Fig. 10 og 16. Af Fig. 25 ses, at Cementfugerne har gjort M-Pillen stivere end M-Cylindren, men F-Pillen lidt mindre stiv end F-Cylindren. Af Fig. 24 — hvor M-Cylindrens Kurve ikke er tegnet, da den kun ligger en Ubetydelighed lavere end $\frac{MM}{FF}$ -Kurven — ses, at Kalkfugerne har gjort baade M- og F-Pillen mindre stiv end den tilsvarende Cylinder.

Alle Kurverne er nedadhule bortset fra CmF-Kurven, der er svagt opadhul paa de første 2 Lasttrin.

Cm-Pillerne er naturligvis stivere end Km-Pillerne, og F-Pillerne stivere end M-Pillerne.

Blandingspillerne har Kurver, der ligger nogenlunde midtvejs mellem F- og M-Pillernes. Er Spændingen givet, er Bl-Pillernes Forkortelse meget nær Middeltallet af de andres; er Forkortelsen givet, er deres Spænding lavere end Middeltallet af de andres.

Blandingspillerne er lidt stivere, naar der er en F-Sten og en M-Sten i hvert Skifte, end naar der er 2 F-Sten i hvertandet Skifte, og 2 M-Sten i de øvrige; den ligelige Fordeling af F-Stenene over de to Retninger forøger Stivheden.

Cm $\frac{MM}{FF}$ -Pillernes ϵ er Middeltallet af M- og F-Pillernes indtil 35 at, derefter bliver Kurven lidt stejlere end Middelkurven, et Tegn paa, at FF-Skifterne begynder at blive mere dominerende. Km $\frac{MM}{FF}$ -Pillernes ϵ

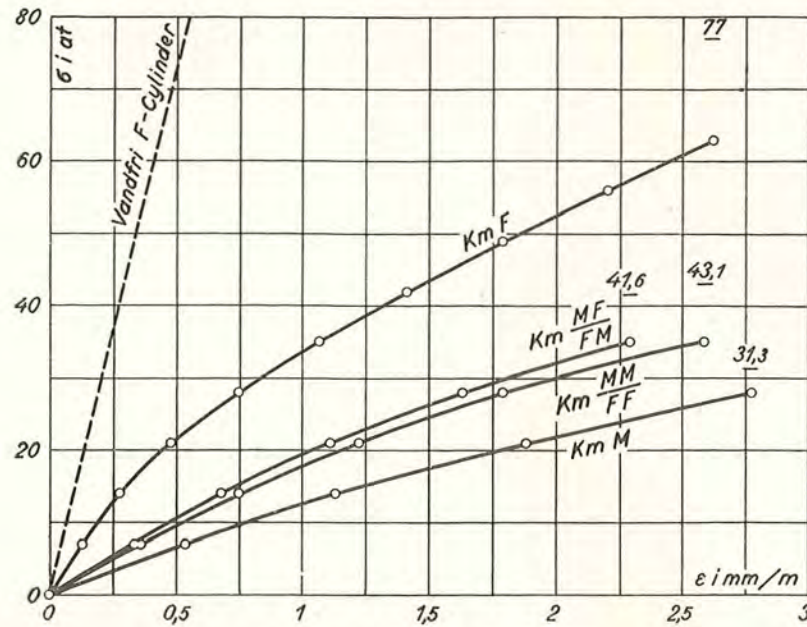


Fig. 24. Arbejdslinier for Km-Piller.

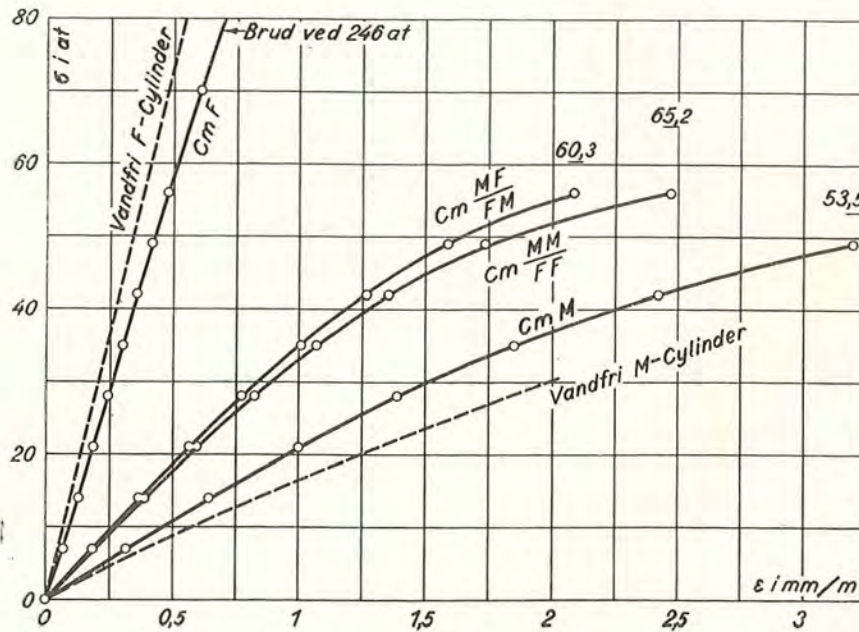


Fig. 25. Arbejdslinier for Cm-Piller.

er i Begyndelsen lidt større end Middelkurvens; ved 7 at udgør Forskellen 8,5 % af Middelkurvens Abscisse, men den aftager til 1,8% ved 28 at. Ogsaa hos disse Piller gør FF-Skifterne sig aabenbart i stigende Grad gældende med voksende Spænding. $\frac{MF}{FM}$ -Pillerne er som nævnt noget stivere, men F-Stenenes Virkning ved høje Spændinger gaar i samme Retning som hos de andre.

Pillernes Elasticitetstal — bestemt som Hældningen af den rette Linie gennem Begyndelsespunktet og det til 7, 14, 21 at o.s.v. svarende Punkt paa Kurven — er indført i Tabel 21. Værdierne for $\frac{MF}{FM}$ - og $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne er opført under hinanden, de 1' øverst.

Tabel 21. Pillernes Elasticitetstal $E_p \left(= \frac{\sigma}{\epsilon} \right)$ for forskellige Spændingsomraader.

Spænding at	Kalkmørtel			Cementmørtel				
	M-Piller at	Bl-Piller at	F-Piller at	M-Piller at	Bl-Piller at	F-Piller at		
0-7	13900	20950 19500	20250	55100	21940	38250 37400	37825	101500
0-14	12400	20640 18740	19690	50700	21700	38320 36150	37235	108500
0-21	11160	18880 17150	18015	43850	20900	37200 35150	36175	112250
0-28	10080	17170 15630	16400	37600	20080	36100 34000	35050	114750
0-35		15280 13525	14400	32850	18900	34650 32600	33625	115900

Da Blandingspillernes ϵ meget nær er Middeltallet af M- og F-Pillens, ligger deres E nærmest ved M-Pillens. Er Mørtlen Cm, er Bl-Pillernes E indtil 28 at lig 1,73 Gange M-Pillens; er Mørtlen Km, er Værdien 1,46 ved 7 at, og 1,59—1,62—1,63 paa de følgende tre Lasttrin.

$\frac{MF}{FM}$ -Pillernes E er ca. 10% større end $\frac{MM}{FF}$ -Pillernes, naar Mørtlen er Km, og ca. 5% større, naar Mørtlen er Cm.

I. PILLERNE BRUDMAADE.

a. SKADERNES RÆKKEFØLGE OG SKADESPÆNDINGERNES STØRRELSE.

1. Skadernes Rækkefølge.

1.1. Under Belastningen holdtes Pillernes Overflade under stadig Observation, og alle Iagttagelser blev noteret.

Inden der var sket synlige Skader — i 3 Piller ved $\sigma < 7$ at — hørtes undertiden en Knitren, der formentlig stammede fra Berøringsfladerne mellem Sten og Mørtel. Den hørtes fra 6 Km- og 8 Cm-Piller og var tilsyneladende uafhængig af Stenenes Art og Forbandt. Efter at der var sket synlige Skader knitrede 5 Km- og 3 Cm-Piller, maaske af samme Aarsag.

De synlige Skader, som varslede det kommende Brud, blev delt i 4 Grupper:

- Dr = Drysning af Sandskorn fra Fugerne.
- Af = Afskalling paa Murstenene langs de vandrette Fuger.
- Kn = Knusning af Mørtlen i de vandrette Fuger.
- Re = Lodrette Revner i Stenene.

Den Spænding, ved hvilken disse Skader iagttoges 1' Gang, er indført i Tabel 22 som Middeltal for 4 ens Piller.

Tabel 22. Spænding ved Skadernes 1' Optræden.

Skadens Art	Kalkmørtel				Cementmørtel			
	M	F	$\frac{MM}{FF}$	$\frac{MF}{FM}$	M	F	$\frac{MM}{FF}$	$\frac{MF}{FM}$
Dr ¹⁾	18	28	26	26	(42)	(161)	(44)	(56) at
Af	28	32	31 ²⁾	31 ²⁾	44	100	44 ²⁾	41 ²⁾ »
Kn	28	35	34	35	50	165	51	52 »
Re	28	40	34 ³⁾	35 ³⁾	44	139 ⁴⁾	57 ³⁾	43 ³⁾ »
Brud	31	77	43	42	54	246	65	60 »

¹⁾ Spændingerne i () er kun Middeltal for 2 ens Piller; de andre dryssede ikke, i alt Fald bemærkedes det ikke.

²⁾ Altid paa M-Sten.

³⁾ Om en M- eller F-Sten revnede først afhang af Forhold, som omtales Side 69.

⁴⁾ Medens 1' Revne i de 7 andre Pillegrupper altid optraadte midt i en Løber, var det ikke Tilfældet i 2 CmF-Piller. Middelspændingen for 1' Midterrevnes Optræden i denne Gruppe var 157 at.

1.2. Skadernes Rækkefølge bestemmes i overvejende Grad af Mørtlens Art og ikke af Stenenes, hvilket navnlig skyldes, at Km's Tværudvidelse langt overgaar Cm's. Materialernes Tværudvidelse aftager utvivlsomt i Ordenen: (1) Kalkmørtel, (2) M-Sten, (3) Cementmørtel, (4) F-Sten.

1.3. Hos Km-Grupperne er Skadernes Rækkefølge altid Dr, Af, Kn, Re. I disse Piller er Mørtlen svagere end Stenene, og det første Svaghedstegn kommer altid fra den, idet der drysser Korn fra Fugerne; Drysningen skyldes Bevægelser i Mørtlen, enten den lodrette Sammentrykning eller den vandret udadgaaende Bevægelse. Denne hæmmes af Stenene, men Mørtlen frigør sig i Randzonen, paa nogle Steder ved at rive Skaller af Stenenes Synsflader, paa andre Steder ved selv at sprænges — ganske som Tilfældet er, naar Mørtlen indeholder ekspanderende Stoffer (L3, Fig. 1) — og senere medfører Mørtlens udadgaaende Bevægelse, at Stenene rives over.

1.4. I Cm-Grupperne forekom Dr kun hos 2 Piller i hver Gruppe; i 2 af Grupperne før eller samtidigt med Af, i de andre omtrent samtidigt med



Fig. 26. Sten mellem stive Stødfuger.

Fig. 27. Sten i CmM-Pille, afskallet og revnet som Følge af Stødfugens koncentrerede Tryk¹⁾.

¹⁾ Figuren stammer fra L7, Side 38.

Kn. Ses der bort fra Dr, er Rækkefølgen Af, Re, Kn i 3 af Grupperne, kun i $\frac{MM}{FF}$ -Gruppen optræder Re ved en saa høj Spænding, at den kommer efter Kn, og det skyldes, at F-Stenene i disse Piller revnede før M-Stenene, som forklaret Side 69.

I Cm-Grupperne synes altsaa ikke blot M-, men ogsaa F-Stenene at være svagere end Fugen; de baade skaller og revner — med den nævnte Undtagelse — inden Fugen knuses. Afskallingerne skyldes formentlig overvejende det lodrette Tryk og i mindre Grad Forskellen mellem Mørtlens og Stenenes Tværudvidelse, der for CmM-Pillernes Vedkommende er negativ. Hos sidstnævnte Piller er den lodrette Trykspænding særlig stor i Stødfugeplanerne (Fig. 26), og i alle 4 Piller skete 1' Afskalling i Fortsættelse af en Stødfuge (Fig. 27), og paa et senere Tidspunkt var der sket 14 Afskallinger af denne Art, og 12 af dem var ledsaget af en Stenrevne i Stødfugeplanet. Ogsaa hos CmF-Pillerne optraadte slige Afskallinger — hos een Pille var det Afskalling Nr. 1 — men i alt kun 3, og de var ikke ledsaget af Revner.

2. Mørtelartens Indflydelse paa Skadespændingernes Størrelse.

2,1. Sammenligner man de Spændinger, ved hvilke en given Skade optræder 1' Gang (Tabel 22), er Blandingspillernes Forhold paafaldende. Er Mørtlen Km, optræder Skaderne ved næsten samme Spænding som F-Pillernes; er Mørtlen Cm, optræder Skaderne ved næsten samme Spænding som M-Pillernes.

2,2. Hos **KmBl-Pillerne** optræder Skaderne formentlig, naar Mørtlens udadgaaende Bevægelse har naaet en vis Værdi. Denne Bevægelse hæmmes mest af de stive F-Sten og tilsyneladende i næsten samme Grad, hvadenten der er 50 eller 100% af dem; kun Re er sket ved en Spænding, der ligger midt mellem M- og F-Pillernes.

2,3. Hos **CmBl-Pillerne** optræder Skaderne ved højere Spændinger, hvilket er umiddelbart forstaaeligt for de Skaders Vedkommende, der sker i Mørtlen — Dr og Kn — og da Mørtlen er langt stærkere, naar den ligger mellem to F-Sten end mellem to M-Sten eller mellem en M- og en F-Sten (se Stykke 3), er det ogsaa forstaaeligt, at Dr og Kn maa ske langt senere hos F-Pillerne end hos de øvrige Piller.

Paa de Skader, der sker i Stenene — Af og Re — virker Cm ogsaa forsinkende, og det skyldes Mørtlens ringe Ekspansion. At de 3 M-holdige Grupper skaller ved samme Spænding skyldes, at det altid var M-Stenene, der skallede først.

2,4. Mørtelartens Indflydelse paa Stenenes Revnespænding omtales Side 65 og 71.

3. Stenartens Indflydelse paa Skadespændingernes Størrelse.

Mens Skadernes Rækkefølge er ens hos M- og F-Pillen, naar Mørtlen er den samme, er den Spænding, ved hvilken Skaderne optræder, højst hos F-Pillen som Følge af F-Stenenes større Stivhed og Styrke; at disse Egenskaber ikke blot hæver Stenenes Modstandsevne, men ogsaa Fugernes, skyldes, at et lavt Legeme anbragt mellem to Trykplader bærer des mere, jo mere disse hindrer det lave Legemes Tværudvidelse.

Dette Forhold belyses godt ved $Km\frac{MF}{FM}$ -Pillernes Opførsel, thi hos disse skete 1' Knusning af Mørtlen altid mellem to M-Sten eller mellem en M- og en F-Sten, aldrig mellem to F-Sten, og efter Pillens Brud var alle Fuger mellem to F-Sten uskadte (Fig. 28—30). Aarsagen er, at M-Stenenes vandrette Ekspansion begunstiger Mørtlens Knusning, som nærmere belyst ved Fig. 30.

Fig. 30 viser, hvorledes Km-Fugens Opførsel afhænger af de Sten, den ligger imellem:

F-Stenene har ringe Tværudvidelse og adhærerer saa stærkt til Fugen, at ogsaa dennes Tværudvidelse bliver ringe; ligger den mellem 2 F-Sten — f. Eks. F2 og F3 — følges den med disse og forbliver derfor uskadt.

M-Stenene har stor Tværudvidelse; M5 og M4 og den mellemliggende Fuge opfører sig i Begyndelsen som en Helhed, der søger at glide ud af Pillen, men fastholdes af F6 og F3; paa dette Tidspunkt er Fugens Synsflade nogenlunde ubeskadiget, da de to M-Sten har udvidet sig ens; men Fugen søger at udvide sig mere end Stenene og har sluttelig afrevet disses Hjørner. Fugen under M4, der føres ud med M4 og holdes tilbage af F3, er blevet overrevet langs skraa Flader, og de afrevne Mørtelskaller er faldet af.

M3 har adhæreret mangelfuldt til den underliggende Fuge¹⁾, og den overliggende Fuges Udvidelse har revet den over i det ikke synlige Stødfugeplan, og Mørtlen har ført Stenens ene Halvdel med sig, saa Kopfladen ligger foran Pillesidens Plan²⁾. Ogsaa M4 er ført frem i denne Retning.

¹⁾ Adhæsionen bliver som Regel mindre, naar Stenen lægges ovenpaa Mørtlen, end naar Mørtlen lægges ovenpaa Stenen.

²⁾ Ogsaa hos CmM-Pillerne iagttoges gentagne Gange, at Stenene var vandret udad i Forhold til Mørtlen.

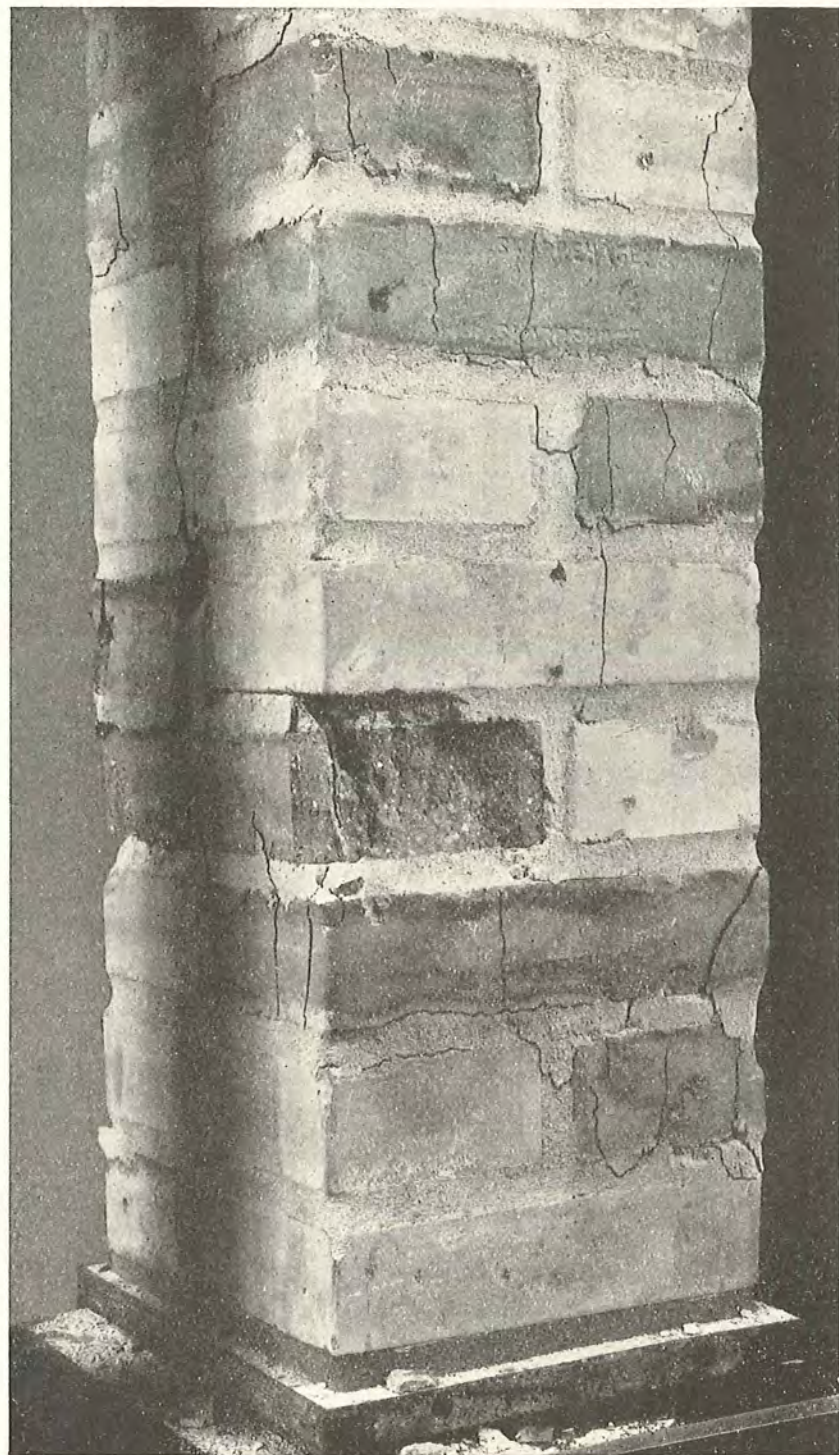


Fig. 28. $\text{Km} \frac{\text{MF}}{\text{FM}}$ -Pille 18's Vest- og Sydside efter Brud.

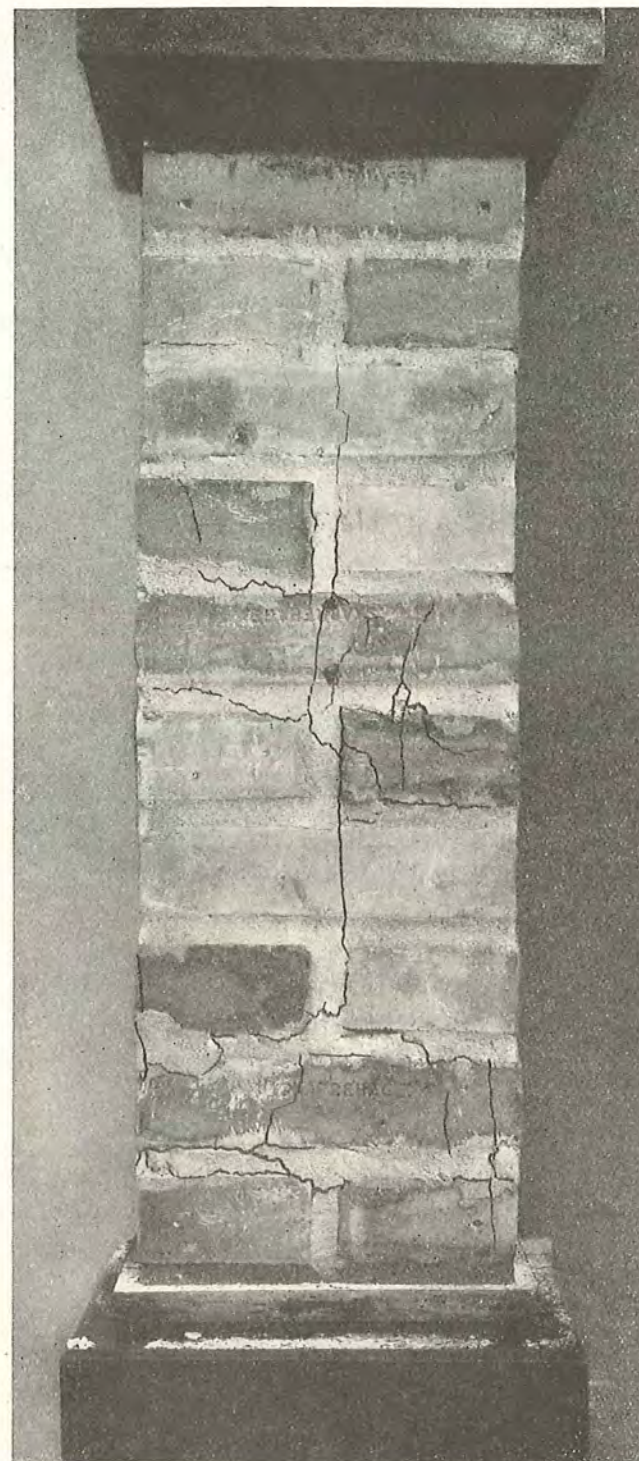


Fig. 29. Samme Pilles Østside efter Brud.

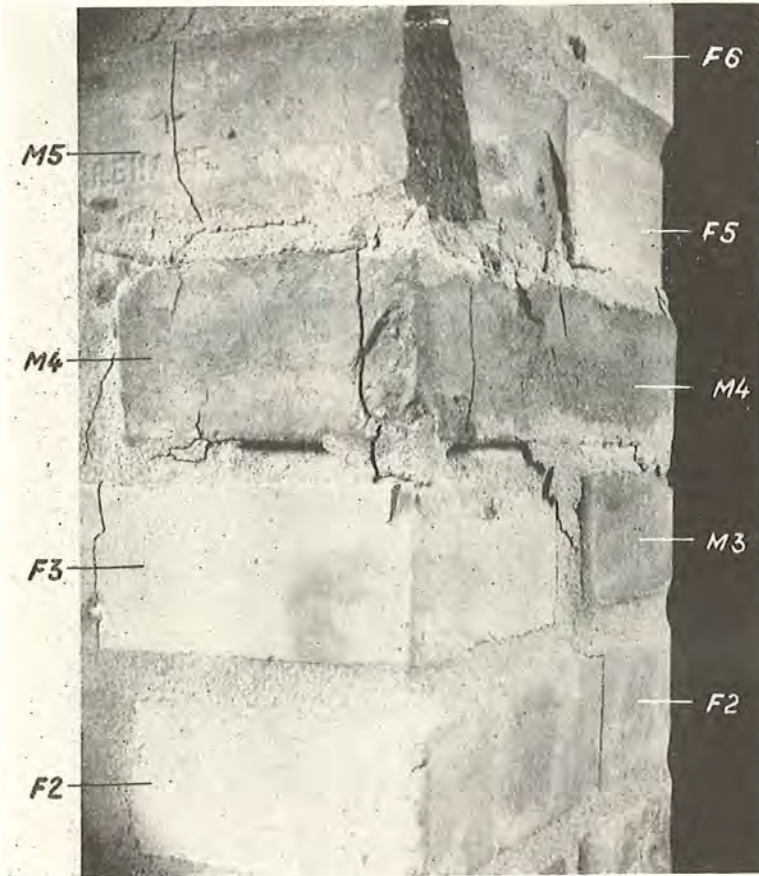


Fig. 30. $Km \frac{MF}{FM}$ -Pille 20 efter Brud.

b. REVNER I STENENE.

1. Oversigt over Revnedannelsen.

1,1. Revnernes Form.

De Revner, der efterhaanden opstod i Stenenes Synsflader, var mere eller mindre lodrette og retliniede (Fig. 28 og 29), men Formen var dog ofte præget af uens Struktur eller Egenspændinger stammende fra Stenenes Afkøling efter Brændingen. Ogsaa den Maade, paa hvilken en Revne gik i Dybden, var undertiden præget af slige Spændinger; en lodret Revne midt i en F-Løber forplantede sig f. Eks. vinkelret paa Synsfladen til 8 mm Dybde, men løb derefter parallelt med Synsfladen.

1,2. Revnernes Dannelse.

1,21. I en Km-Pille af ensartede Sten skyldes Revnedannelsen i udpræget Grad Lejefugernes vandrette Udvidelse, der fremkalder vandrette Trækspændinger i Stenen.

Resultanten af Trækspændingerne i Stenens Længderetning virker næppe centralt i Stenen; hvis Kærnsens Mørtel har større Tendens til Udvidelse end Skallens, vil en eventuel Midterrevne i en Løber begynde i Pillens Akse; ligger Løberen mellem to Fuger, der udvider sig ulige stærkt, vil Trækresultantens Angrebepunkt blive forskudt i lodret Retning; endvidere kan en Fuges lodrette Sammentrykning variere fra Sted til Sted, saa der opstaar bøjende Momenter i Stenen¹). Det er derfor som Regel en Kombination af Træk- og Bøjningsspændinger, der faar Stenen til at revne. Dette forklarer, at Stenene revner støjfrit og ikke med et Knald, som naar en F-Sten trækkes over med en central Kraft. Brud med Knald skete kun i F-Sten og kun i 4 Tilfælde, alle i Km-Piller — F- eller Blandingspiller — og ved 75—100% af Pillens Brudlast.

I en 1 Stens Pille er de to lodrette Midterplaner, i hvilke Stødfugerne ligger, særligt svage overfor Træk. De to Løbere i et Skifte virker som en Tværarmering, der hindrer Naboskifternes Stødfuge i at aabne sig. Naar een af disse Løbere revner i Stødfugeplanet, vokser Trækraften i de andre Løbere med samme Retning, fortrinsvis Genboløberen i samme Skifte og Naboløberne i de næstnærmeste Skifter. Den 1' Revne har derfor en Tendens til at fortsætte tværs gennem Pillen og til at forlænge sig op og ned. Disse Revner vil — hvis Stenenes Styrke er ens — udvikle sig nogenlunde ens i Pillens 4 Sider, og sluttelig vil Antallet af revnede Løbere være nogenlunde ens i de to Stødfugeplaner; se desangaaende Tabel 24, Side 66.

De hidtil nævnte Stenrevner i Stødfugeplanerne skyldes den vandrette Trækraft, som Kalkmørtlens Ekspansion fremkalder, mens selve Stenens lodrette Trykspænding er en uvæsentlig Faktor. Men før eller senere opstaar der ogsaa Revner udenfor Stødfugeplanerne, dels i Pillens Hjørner, der særlig let lader sig rive af, dels mellem Løberens Hjørne og Midte, og dels i Kopfladerne. Ogsaa Dannelsen af disse Revner fremskyndes stærkt, hvis Mørtlens Tværudvidelse er stor (Fig. 30), men da den vandrette Trækraft de nævnte Steder er mindre end i Stødfugeplanerne, maa Yderrevnerne enten opstaa, efter at Stenen har faaet en Midterrevne, eller være betinget af lokale Forhold som svage Steder i Stenen eller en ujævn Trykfordeling i denne.

¹) At Bøjningsbrud ogsaa kan opstaa som Følge af Lunke i den underliggende Fuge, naar der er muret med en vandrig Mørtel, viser Fig. 24—25 i L7.

1,22. I en **Cm-Pille** er Forholdene mindre simple, selv om Stenene er ensartede, idet Revnedannelsen paavirkes af, om Stødfugens Stivhed og Lejefugens Tværudvidelse er større eller mindre end Stenens (se Fig. 27 og Stykke 2,13).

1,23. Blandingspillerne omtales Side 68.

1,3. 1' Revne.

At 1' Revne altid optraadte sidst i Skaderækken skyldes formentlig, at den — modsat de andre Skader — ikke er overfladisk, men mere eller mindre dybtgaaende, og at den ikke udelukkende skyldes Trækket fra Lejefugen eller Trykket fra Stødfugen, men ogsaa at de lodrette Trykspændinger koncentrerer i Kærnen, efterhaanden som Skaderne i Randzonen opstaar (se L7, Side 38 og L8, Side 63 og 76—77).

1' Revne dannes ved den i Tabel 22 indførte Spænding, og som Regel revnede flere end een Sten ved denne Spænding (Tabel 23 og 26).

I 29 af de 32 Piller dannes 1' Revne midt i en Løber, altsaa i eet af de to Stødfugeplaner. I een $Km\frac{MF}{FM}$ -Pille kom 1' Midterrevne lidt senere

end 1' Revne, men kun saa lidt, at Tallet for 1' Revne i Tabel 22 ogsaa gælder for 1' Midterrevne. I 2 CmF-Piller var Forskellen større, saaledes at Middelspændingen for denne Gruppens 1' Midterrevne er 18 at større end for 1' Revne.

Selv om 1' Midterrevne maaske undertiden er begyndt i en Stødfuge, iagttoges den altid først i den under- eller overliggende Løber. Efter denne Revnes Dannelse skred Pillens Ødelæggelse mere eller mindre hurtigt frem, idet enten Naboløberen i samme Skifte revnede, eller Revnen forlængede sig ind i Naboskifterne, eller der opstod Revner andre Steder i eller udenfor Stødfugeplanerne.

1' Midterrevne opstod næsten aldrig i 1' og 10' Skifte — der med en Cm-Fuge var forbundet med Jærnpladen — men iøvrigt var det tilfældigt, om den opstod i større eller mindre Afstand fra den midterste Lejefuge.

1,4. Antal revnede Sten efter Brud.

Ved Forsøgets Slutning blev Antallet af revnede Sten samt af Løbere med Midterrevne optalt, og selv om Tallene for enkelte Pillers Vedkommende kan være paavirket af, om man har stoppet Maskinen mere eller mindre hurtigt efter Maksimallastens Overskridelse, giver de et godt Billede af Brudmaaden.

De 4 Piller i en Gruppe indeholdt tilsammen 80 Sten, og ved Forsøgets Slutning var Antallet af Løbere med Midterrevne som indført i Tabel 24 og 27, mens det samlede Antal af revnede Sten ses i Tabel 25 og 28.

I førstnævnte 2 Tabeller er Forholdet mellem det mest og det mindst revnede Stødfugeplans Antal af revnede Løbere indført; Forholdet er udregnet for hver enkelt af Gruppens Piller, hvorefter disse 4 Værdiers Middeltal er dannet.

2. Revner i M- og F-Pillerne.

2,1. 1' Revne.

2,11. Vedrørende 1' Revne giver Tabel 23 Oplysning.

Tabel 23. 1' Revne i M- og F Pillerne.

Pillens Art:	KmM	CmM	KmF	CmF
Revnepænding i at	28	44	40	139
Revnede Sten pr. Gruppe	16	22	4	5
» » » Pille	1—6	3—9	1	1—2

2,12. 1' Revnes Beliggenhed. 1' Revne i 14 af de 16 Piller optraadte midt i een eller flere Løbere, men kunde være ledsaget af Revner udenfor Stødfugeplanerne. Kun i 2 CmF-Piller optraadte 1' Revne udenfor disse (Tabel 22), hvilket formentlig skyldes, at F-Stenenes Styrke kan være mindre i Nærheden af Enderne end i Nærheden af Midten; se desangaaende Bøjningsforsøgene (Side 32).

2,13. Revnespændingen vokser med saavel Sten- som Mørtelstyrke og er derfor særlig stor hos CmF-Pillen.

Dens Vækst med Mørtelstyrken skyldes i væsentlig Grad, at Mørtlens Tværudvidelse aftager med voksende Styrke, hvilket medfører, at Stenene faar store vandrette Trækspændinger i Km-Pillerne, smaa i CmF-Pillerne og Trykspændinger i CmM-Pillerne.

Hos KmM-Pillen revner Stenen ved en lav Spænding, fordi Lejefugerne trækker den over; hos CmM-Pillen revner Stenen først, naar Stødfugernes koncentrerede Tryk er blevet stort nok til at fremkalde Trykbrud (Fig. 27).

Hos KmF-Pillen trækker Lejefugen Stenen over; hos CmF-Pillen ligeledes, men da Fugen kun er lidet ekspanderende, sker det først ved en høj Trykspænding.

2,14. Antal revnede Sten. 1' Revne hos F-Pillerne optraeder kun i 1 eller undtagelsesvis 2 Sten pr. Pille, hos M-Pillerne derimod i flere. Dette viser, at M-Stenene har den mest ensartede Styrke; naar den svageste revner, revner de, der ligger den nær i Styrke samtidigt. F-Stenenes Styrke maa være mere uens; naar den svageste er revnet, maa Lasten øges, inden flere kan revne. Dette stemmer ogsaa med, at M-Pillernes Brudspænding kun laa 12 og 22% over Revnespændingen, mens Tallene hos F-Pillerne var 93 og 77%.

At 1' Stenrevne optræder i flere Sten hos CmM- end hos KmM-Pillerne skyldes det koncentrerede Tryk fra Stødfugerne. Samtlige 22 Revner laa i Stødfugeplanerne.

2,2. M- og F-Pillernes Antal Løbere med Midterrevne efter Brud.

2,21. Som nævnt Side 64 i Stykke 1,4 blev Antallet af revnede Sten ved Forsøgets Slutning optalt, og der skelnedes mellem Sten, der havde en Revne i Stødfugeplanet — muligvis ogsaa andre Steder — og Sten, der kun var revnet udenfor dette (se Tabel 25).

Antallet af Løbere med Revne i Stødfugeplanet er indført i Tabel 24.

Tabel 24. Antal Løbere revnet i Stødfugeplanet.

Pillens Art:	KmM	CmM	KmF	CmF
Sten revnet sammen med Nabo .	54 } 59	48 } 54	42 } 53	34 } 39
» » alene	5	6	11	5
Sten urevnet sammen med Nabo	16 } 21	20 } 26	16 } 27	36 } 41
» » alene	5	6	11	5
Sum:	80	80	80	80
Revnede Stens Fordeling mellem Stødfugeplanerne (se Stk. 1,4)	1,19	1,34	1,28	2,24

2,22. De to Sten i et Skifte ses som Regel at have opført sig ens: de er enten begge revnede eller begge revnefri. Af en Gruppens 39—59 revnede Sten er kun 5—11 revnede uden at tage Naboen med sig.

At sidstnævnte Tal er særlig højt i KmF-Gruppen maa skyldes varierende Trækstyrke hos F-Stenene. Naar en svag og en stærk Sten ligger i samme Skifte og kun er forbundet ved en svag Stødfuge af Km, kan den svage Sten lettere revne alene, end naar Stødfugen er af Cm.

2,23. Antallet af revnede Sten ses at aftage med voksende Mørtel- og Stenstyrke, og Fordelingstallene i sidste Linie viser, at Fordelingen er jævnere hos Km- end hos Cm-Pillerne og jævnere hos M- end hos F-Pillerne, naar Mørtlen er den samme.

I KmM-Gruppen havde samtlige Pillesider ved Forsøgets Slutning en kontinuerlig Midterrevne gennemskærende de 7—9 midterste Skifter.

I CmM-Gruppen var det samme som Regel Tilfældet, men Revnen var kortere, den kunde variere fra 3 til 7 Skifter. Stenene i denne Gruppe har vandrette Trykspændinger og revner som Følge af det koncentrerede Tryk fra Stødfugerne, uden at Lejefugerne behøver at revne forud. Under disse Forhold kan en kontinuerlig Revnes videre Udvikling stoppes saavel

af de stærke Stødfuger som af en Lejefuge, der tilfældigvis er tykkere eller stærkere end Nabofugerne i samme Sideflade.

At KmF-Gruppen har lidt færre Sten med Midterrevne end KmM-Gruppen kan forklares ved det i Stykke 2,22 sagte; havde 6 af de 11 Sten taget Naboen med sig, vilde de to Grupper have forholdt sig ens. Det kan ogsaa udtrykkes paa den Maade, at en særlig stærk Sten kan standse en kontinuerlig Revnes videre Udvikling.

At CmF-Gruppen har saa faa Sten med Midterrevne sammenlignet med CmM-Gruppen forklares ved, at dens lodrette Trykspænding er nogenlunde ens i Stødfuge og Sten, samt at Lejefugen er lidet ekspanderende, og Stenene saa stærke, at kun de svageste trækkes over. Dette er ogsaa Grunden til, at Midterrevnerne fordelte sig mere ujævnt over de 4 Sideflader end i de andre Grupper. Hos en enkelt Pille kom der slet ingen Revner i det ene Stødfugeplan; Flækningen begyndte i Pillens Vestside og strakte sig efterhaanden over 7 Skifter, hvorefter Østsiden pludseligt flækkede¹⁾. Hos en anden Pille var der ved Forsøgets Slutning 4 Løbere med Midterrevne i Øst, 1 i Vest, 1 i Syd og ingen i Nord. Og tager man alle 4 Piller under eet, var 27 Sten revnede i det mest revnede Stødfugeplan og kun 12 i det andet.

2,3. M- og F-Pillernes Antal revnede Sten efter Brud.

2,31. Det samlede Antal revnede Sten ved Forsøgets Slutning er indført i Tabel 25, og der er skelnet mellem Midterrevner og Yderrevner.

Tabel 25. Antal revnede Sten ved Forsøgets Slutning.

Pillens Art:	KmM	CmM	KmF	CmF
Revnede Sten { Kun Midterrevne	26 } 59	35 } 54	20 } 53	18 } 39
{ Baade Midter- og Yderrevner .	33	19	33	21
{ Kun Yderrevner	9 } 42	4 } 23	15 } 48	22 } 43
Sum:	68	58	68	61

Udtrykt i % af revnede Sten bliver Antallet:

Kun Midterrevne	38 } 87	60 } 93	29 } 78	30 } 64
Baade Midter- og Yderrevner .	49	33	49	34
Kun Yderrevner	13 } 62	7 } 40	22 } 71	36 } 70
Sum:	100	100	100	100

¹⁾ Huggenbergermaalerne paa Stenene i Nord og Syd viste, at Flækningen havde formindsket Stenenes Sammentrykning paa disse Steder.

2,32. Det samlede Antal revnede Sten er større end i Tabel 24, da denne ikke indeholder Sten med kun Yderrevner, og Antallet er mindre varierende; det er uafhængigt af Stenarten, men noget større i Km-end i Cm-Grupperne.

2,33. Antallet af Sten med Yderrevner maa som nævnt Side 63 i Stykke 1,21 i væsentlig Grad være bestemt af Trykkraftens mere eller mindre jævne Fordeling over Pillens Tværsnit og af, om der er Steder i Stenen, hvor Styrken overfor vandrette Trækspændinger er mindre end i Stenens midterste Tværsnit. Jo mindre ekspanderende Fugen er, des mere beslægtet bliver disse Revner med dem, som et homogent Legeme faar ved Trykforsøg, og i det følgende kaldes de derfor undertiden Knusningsrevner.

CmM-Gruppen indtager en Særstilling ved kun at have faa Sten med Yderrevner. Aarsagen er, at de stive Stødfuger medfører en ujævn Spændingsfordeling; af de revnede Sten er 93% revnede i Stødfugeplanerne, hvor Trykket er stort, og kun 40% udenfor disse, hvor Trykket er lille.

I de andre Grupper er Trykket mere jævnt fordelt, og det absolutte Antal Sten med Yderrevner nogenlunde ens, men udtrykker man Antallet i % af revnede Sten, viser det sig, at Procenten er større for F-Grupperne end for KmM-Gruppen, svarende til at Knusning af Stenene spiller en større Rolle ved F-Pillernes Brud end ved M-Pillens. Dette gælder i særlig Grad CmF-Gruppen, der er den eneste, hos hvilken Forholdet mellem yder- og midterrevnede Sten er større end 1. At F-Grupperne har saa mange Sten med kun Yderrevner og saa faa med kun Midterrevne hænger formentlig sammen med, at F-Stenene har været stærkere i Midten end i Fjerdedelspunkterne.

3. Revner i Blandingspillerne.

3,1. 1' Revne.

3,11. Vedrørende 1' Revne giver Tabel 26 Oplysning.

Tabel 26. 1' Revne i Blandingspillerne.

Pillens Art:	Km $\frac{MM}{FF}$	Cm $\frac{MM}{FF}$	Km $\frac{MF}{FM}$	Cm $\frac{MF}{FM}$	
Revnepænding	34	57	35	43	at
En M-Løber revnede først i	3 ¹⁾	1 ²⁾	0	3	Piller
» F- » » »	1 ³⁾	3 ⁴⁾	4 ⁵⁾	1 ⁶⁾	»
Antal revnede Sten } ogsaa uden Midterr. }	10	M-Sten pr. Gruppe	4	6	
		F-Sten pr. Gruppe	5	2	
Sum af revnede Sten:	12	14	9	8	

Noterne staar nederst næste Side.

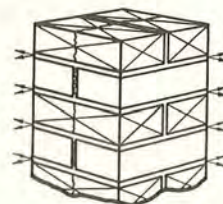
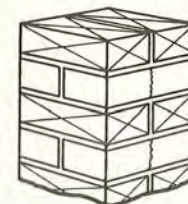
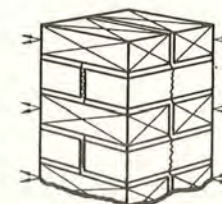
3,12. 1' Revnes Beliggenhed. 1' Revne kom altid midt i een eller flere Løbere, men kunde være ledsaget af Revner udenfor Stødfugeplanerne.

Om 1' Revne optræder i en M- eller F-Sten, og om der revner mange eller faa andre Sten samtidigt, afhænger af baade Forbandt og Mørtel, idet M-Stenene fortrinsvis revner først i 1' og 4' Gruppe, og F-Stenene i 2' og 3'. Disse Forhold er søgt forklaret nedenfor.

3,121. Hos Km $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne (Fig. 31) søger den udvandrende Mørtel

at trække Stenene med sig, hvorved der opstaar vandrette Trækspændinger i samtlige Skifter. Da Trækraften er størst og Pillens Trækstyrke mindst i de to Stødfugeplaner, dannes 1' Stenrevne i det svageste af disse, altsaa i det, der ikke gennemkrydses af F-Sten.

I den enkelte Pille, hvis F-Sten revnede først, var Revnen en Bøjningsrevne.

Fig. 31. 1' Revne i Km $\frac{MM}{FF}$ -Pille.Fig. 32a og b. 1' Revne i Cm $\frac{MM}{FF}$ -Pille.

3,122. Hos Cm $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne revner F-Stenene først, enten som Følge af det koncentrerede Tryk fra Stødfugerne (Fig. 32a), eller fordi M-Stenene er det mest ekspanderende Element, hvorfor de trækker Lejefuger, F-Sten og disses Stødfuger over (Fig. 32b).

At en M-Sten revnede først i en enkelt Pille forklares ved, at denne Sten forud havde en 15 mm dyb Kantrevne i Stødfugeplanet.

¹⁾ I een af disse Piller kom der samtidigt en Yderrevne i en F-Sten.

²⁾ At denne Pille ikke opførte sig som de 3 tilsvarende forklares ved, at den M-Sten, der revnede først, allerede inden Forsøgets Begyndelse havde en Kantrevne liggende i Stødfugeplanet og 15 mm lang; Revnospændingen var kun lidet lavere end hos de 3 Søsterpiller — 52 mod 53—63 at — men Pillens Brudspænding var kun 59 at mod 64—69.

³⁾ 1' Revne i denne Pille optraadte kun i 1 Sten og var kun en Kantrevne, der gabede opefter, altsaa en Bøjningsrevne.

⁴⁾ I 1 af disse Piller revnede 7 F-Løbere (i 4 Skifter) paa een Gang, og samtidigt kom der Yderrevner, ogsaa i 2 M-Sten.

⁵⁾ I 2 af disse Piller revnede 1—2 M-Sten samtidigt med F-Løberen, men ikke i et Stødfugeplan.

⁶⁾ Samtidigt med F-Løberen revnede 3 M-Sten i andre Skifter; disse Revner laa midt i en Kopflade.

⁷⁾ 7 af disse Sten laa i samme Pille.

3,123. Hos $Km \frac{MF}{FM}$ -Pillerne revner F-Stenene først (Fig. 33), fordi baade Mørtlen og M-Stenene ekspanderer i Forhold til F-Stenene, der derfor virker som Armering i en Pille, hvis øvrige Bestanddele ekspanderer, saa kun F-Stenene faar Trækspændinger og revner. Se ogsaa Side 99, Stykke C.

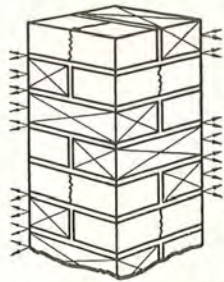


Fig. 33. 1' Revne i $Km \frac{MF}{FM}$ -Pille.

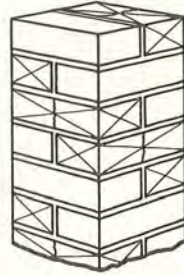


Fig. 34. 1' Revne i $Cm \frac{MF}{FM}$ -Pille.

3,124. Hos $Cm \frac{MF}{FM}$ -Pillerne revner M-Stenene først (Fig. 34), skønt de er det eneste ekspanderende Element, saa man maatte vente, at deres vandrette Trykspændinger vilde beskytte dem mod at revne; andre Faktorer maa være afgørende, men Forholdene er ogsaa meget komplicerede.

Tænkes Pillen gennemskåret i Stødfugeplanerne, faas 4 Halvstenspiller, indeholdende henholdsvis 4, 5, 6, 5 halve M-Sten (Fig. 20, Side 41), og derfor ulige sammentrykkelige, og Forskellen bliver navnlig stor hos Cm-Pillerne, hvis Sammentrykkelighed i overvejende Grad skyldes M-Stenene, mens den hos Km-Pillerne overvejende skyldes Mørtlen. Naar de 4 Piller er sammenhængende, maa der derfor hos Cm-Pillerne opstaa en meget kompliceret Fordeling af det lodrette Tryk, hvorved Løberne faar Bøjnings- og Forskydningsspændinger i Stødfugeplanerne. I de 3 M-Løbere, der revnede først hos disse Piller, var Revnen faktisk en Bøjningsrevne; den gabede ved den ene Stenkant og var ikke synlig ved den anden. At slike Bøjningsspændinger først knækker de svageste Sten er naturligt.

En anden Faktor, der ogsaa kan være Aarsag til, at M-Stenene revner først, er det koncentrerede Tryk, de faar fra Stødfugerne. Stødfugeplanerne gennemskærer kun 2 eller 3 M-Sten i hver Sideflade, mens alle andre lodrette Planer gennemskærer 4—6, saa Stødfugeplanerne danner en lodret Armering i Pillen og optager en uforholdsmæssig stor Del af Trykkraften. Det var øjensynligt, at Stødfugetrykket var Skyld i mange af de Midterrevner, der senere dannedes. Det skal ogsaa nævnes, at i de 3 Piller, hvis M-Sten revnede først, kom Revnen altid i en Sideflade med kun 2 M-Løbere; i en saadan er Stødfugetrykket størst. Meget kan saaledes tale for, at ogsaa de første Revner skyldes Stødfugetrykket, kun ikke deres Karakter af Bøjningsrevner, saa den først nævnte Faktor maa have medvirket.

3,125. I Fig. 31—34 er der tegnet Revner i alle de Sten, der efter Teorien er jævnbyrdige i Henseende til at revne først. Deraf maa man ikke forledes til at tro, at alle disse Revner virkelig opstod; dette forhindres af Materialernes Uensartethed, og ved at Spændingstilstanden kan ændres som Følge af Revnedannelsen.

3,13. Revnespændingen. 1' Revne kom tidligere i Km- end i Cm-Pillerne, ligesom Tilfældet var hos M- og F-Pillerne (Tabel 23), og navnlig forstærkes $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne ved Brug af Cm. Hos $\frac{MF}{FM}$ -Pillerne er Virkningen mindre, fordi den lodrette Trykkraft bliver mindre jævnt fordelt i disse Piller, naar Mørtlen er Cm (Stykke 3,124).

Forbandtet har ingen Indflydelse paa Km-Pillernes Revnespænding; den er i begge Grupper lig Middeltallet af M- og F-Pillernes (Tabel 23).

3,14. Antal revnede Sten. 1' Revne optræder i lidt flere Sten i $\frac{MM}{FF}$ -Grupperne end i de andre, som Følge af den jævne Spændingsfordeling. For alle Grupper gælder, at naar en M-Sten revner først, er det navnlig M-Sten, der revner samtidigt, og tilsvarende for F-Sten.

3,2. Blandingspillernes Antal Løbere med Midterrevne efter Brud.

3,21. Antallet af Løbere med Revne i Stødfugeplanet er indført i Tabel 27.

Tabel 27. Antal Løbere revnet i Stødfugeplanet.

Pillens Art:	$Km \frac{MM}{FF}$	$Cm \frac{MM}{FF}$	$Km \frac{MF}{FM}$	$Cm \frac{MF}{FM}$
M-Sten revnet sammen med Nabo.....	30 } 31	6 } 9	12 } 17	24 } 27
» » alene	1	3	5	3
F-Sten revnet sammen med Nabo.....	4 } 8	18 } 23	12 } 16	24 } 27
» » alene	4	5	4	3
Sum af revnede M- og F-Sten	39	32	33	54
Forhold mellem revnede M- og F-Sten	3,88	0,39	1,06	1,00
Sten revnet sammen med Nabo	34 } 39	24 } 32	24 } 33	48 } 54
» » alene	5	8	9	6
Sten urevnet sammen med Nabo	36 } 41	40 } 48	38 } 47	20 } 26
» » alene	5	8	9	6
Sum:	80	80	80	80
Revnede Stens Fordeling mellem Stødfugeplanerne (se Stykke 1,4) ¹⁾	4,00	5,24	1,73	1,12

¹⁾ Forholdet er — i Modsætning til Forholdet mellem revnede M- og F-Sten — udregnet for hver enkelt Pille, hvorefter Middeltallet for Gruppen er dannet.

3,22. De to Sten i et Skifte opførte sig som Regel ens; enten var de begge revnede, eller de var begge revnefri. Af en Gruppens 32—54 revnede Sten var kun 5—9 revnede uden at tage Naboen med sig. Forholdet var dog mindre udpræget end hos M- og F-Pillerne (Tabel 24).

3,23. Forholdet mellem revnede M- og F-Sten. I hver af de to $\frac{MF}{FM}$ -Grupper er der revnet lige mange M- og F-Sten, væsentligst som Følge af det ovennævnte.

I de to $\frac{MM}{FF}$ -Grupper er Forholdet derimod meget forskelligt; eftersom Mørtlen er Km eller Cm, er der revnet 3,88 eller 0,39 Gange saa mange M-Sten som F-Sten. Dette er en Følge af de ved Fig. 31 og 32 forklarede Forhold.

I Km-Gruppen faar alle Stenene Trækspændinger, og da M-Stenene er de svageste, kommer ikke blot 1' Midterrevne, men ogsaa Broderparten af de følgende i M-Sten; i 1 af Pillerne var samtlige F-Sten urevnede; den enkelte Pille, i hvilken en F-Sten revnede først, flækkede som de andre paa tværs af M-Stenene.

I Cm-Gruppen er det Stødfugeplan, der gennemskærer F-Stenene, langt stivere end det andet, og det optager derfor en uforholdsmæssig stor Del af Pillens Trykkraft. F-Stenene revner som Følge af dette koncentrerede Stødfugetryk og af de vandrette Trækspændinger, som M-Stenenes Ekspansion fremkalder. M-Stenene faar intet koncentreret Stødfugetryk og er iøvrigt beskyttede af deres vandrette Trykspændinger. I 2 af Pillerne var samtlige M-Sten uden Midterrevne. Den enkelte Pille, i hvilken en M-Sten revnede først, flækkede derimod modsat de andre paa tværs af M-Stenene; i denne Pille revnede kun 3 F-Sten, og de laa i en enkelt Sideflade.

3,24. Forholdet mellem de revnede Stens Fordeling mellem det mest og det mindst revnede Stødfugeplan er indført i Tabellens sidste Linie.

Det er størst hos $\frac{MM}{FF}$ -Grupperne, fordi det ene Plan kun gennemskæres af M-Sten, det andet kun af F-Sten. At Værdien er særlig stor hos Cm-Gruppen skyldes de under 3,23 nævnte Forhold.

I $\frac{MF}{FM}$ -Grupperne er de to Stødfugeplaner lige stive — dog kun gennemsnitlig, da den ene Sideflade indeholder 2 M- og 3 F-Løbere, den anden 3 M- og 2 F-Løbere — saa man skulde vente, at de vilde opføre sig ens, og det gør de ogsaa i Cm-Gruppen. At Revnernes Fordeling er mindre jævn i Km-Gruppen skyldes, at 2 af disse Piller slet ingen Midterrevner fik i den ene Sideflade, formentlig fordi F-Stenene i denne har været særligt stærke.

3,25. At Summen af revnede M- og F-Sten er mindre i Cm $\frac{MM}{FF}$ -Gruppen end i den tilsvarende Km-Gruppe skyldes, at det Antal F-Sten, der revner i Cm-Pillernes Flækningsplan (Fig. 32), er mindre end det Antal M-Sten, der revner i Km-Pillernes Flækningsplan (Fig. 31), fordi F-Stenene har en større og mindre ensartet Styrke.

At Summen er lige saa lav i Km $\frac{MF}{FM}$ -Gruppen skyldes formentlig følgende Aarsager: (1) F-Stenene har Trækspændinger og revner først, men af Gruppens 40 F-Sten er der ved Forsøgets Slutning kun revnet 16 — utvivlsomt de svageste — de stærkere har kunnet taale Trækket; (2) M-Stenene har i Begyndelsen Trykspændinger, som først forsvinder, efterhaanden som F-Stenene revner, og der revner derfor kun et tilsvarende Antal M-Sten.

At Cm $\frac{MF}{FM}$ -Gruppen har flere Sten med Midterrevne end de øvrige 3 Grupper maa skyldes de udviklede Spændingsforhold, som omtaltes Side 70. Iøvrigt var det ejendommeligt for denne Gruppe, at den Spænding, ved hvilken 1' Fugeknusning iagttoges, fremkaldte talrige Stenrevner baade i og udenfor Stødfugeplanerne.

3,26. En Sammenligning med M- og F-Grupperne (Tabel 24) viser, at Antallet af midterrevnede Sten er væsentlig mindre i Blandingspillerne end i M- og F-Pillerne, kun Cm $\frac{MF}{FM}$ -Pillerne er en Undtagelse. De lavere Tal hos $\frac{MM}{FF}$ -Grupperne skyldes, at de kun havde 1 Flækningsplan. Tallene hos $\frac{MF}{FM}$ -Grupperne er søgt forklaret under 3,25.

3,3. Blandingspillernes Antal revnede Sten efter Brud.

3,31. Det samlede Antal revnede Sten ved Forsøgets Slutning er indført i Tabel 28, hvor der er skelnet mellem Midterrevner og Yderrevner.

3,32. Det samlede Antal revnede Sten. Mens Antallet af Sten med Midterrevne i hver af de 4 Grupper er 32—54, er det samlede Antal af revnede Sten 48—61, altsaa væsentligt større, men mindre varierende. Det er mindre end hos M- og F-Pillerne (Tabel 25).

Antallet er 48—52 i de 3 første Grupper, men 61 i den 4', fordi der i denne er saa mange Sten med Midterrevne (se Stykke 3,25). At Antallet er omtrent ens i de 3 første Grupper er en tilfældig Følge af, at en Gruppe med mange revnede M-Sten har faa revnede F-Sten og omvendt.

Tabel 28. Antal revnede Sten ved Forsøgets Slutning.

Pillens Art:		$Km \frac{MM}{FF}$	$Cm \frac{MM}{FF}$	$Km \frac{MF}{FM}$	$Cm \frac{MF}{FM}$
Revnede M-Sten	Kun Midterrevne	10 } 31	5 } 9	3 } 17	3 } 27
	Baade Midter- og Yderrevner	21 } 31	4 } 9	14 } 17	24 } 27
	Kun Yderrevner	2 } 23	12 } 16	14 } 28	5 } 29
Sum:		33	21	31	32
Revnede F-Sten	Kun Midterrevne	3 } 8	16 } 23	13 } 16	20 } 27
	Baade Midter- og Yderrevner	5 } 12	7 } 13	3 } 8	7 } 9
	Kun Yderrevner	7 } 12	6 } 13	5 } 8	2 } 9
Sum:		15	29	21	29
Revnede M- og F-Sten	Kun Midterrevne	13 } 39	21 } 32	16 } 33	23 } 54
	Baade Midter- og Yderrevner	26 } 39	11 } 32	17 } 33	31 } 54
	Kun Yderrevner	9 } 35	18 } 29	19 } 36	7 } 38
Sum:		48	50	52	61
Forholdet mellem yderrevnede M- og F-Sten..		1,92	1,23	3,50	3,22

At $Km \frac{MM}{FF}$ -Gruppen kun har 15 revnede F-Sten skyldes, at kun 8 F-Sten er trukket over i Stødfugeplanet, eftersom Flækningsrevnen gik paa tværs af M-Stenene (se Stykke 3,23).

At $Cm \frac{MM}{FF}$ -Gruppen kun har 21 revnede M-Sten skyldes det for denne ene Gruppe specielle Forhold, at det ene Stødfugeplan kun gennemskærer stive Materialer — F-Sten samt Stød- og Lejefuger af Cm (Fig. 32) — mens det andet gennemskærer de eftergivende M-Sten. Pillens Trykkraft er derfor koncentreret i det 1' Plan, hvorved M-Stenene i væsentlig Grad beskyttes mod navnlig Midter-, men ogsaa Yderrevner, og desuden er de beskyttet af deres vandrette Trykspændinger.

Da de midterrevnede Sten er behandlede i Stykke 3,2, er der her kun Grund til at behandle de yderrevnede.

3.33. Sten med Yderrevner (knuste Sten). Tabellens sidste Linie viser Forholdet mellem knuste M- og F-Sten; at det er et helt andet end mellem midterrevnede M- og F-Sten (Tabel 27) skyldes, at Knusningsrevnerne er mere tilfældigt fordelt, idet de optræder, hvor Stenen er særlig svag eller Trykket særlig stort, og at de i mindre Grad forplanter sig ind i Nabostenene.

Forholdstallene viser, at der i samtlige Grupper er flere knuste M-Sten end F-Sten, navnlig naar Forbandtet er $\frac{MF}{FM}$.

$Km \frac{MF}{FM}$ -Gruppen er den eneste, der har flere knuste end midterrevnede Sten, og det skyldes (se Fig. 28—30), at M-Stenene ofte knustes i Pillens Hjørner, hvor 2 M-Sten ligger ovenpaa hinanden adskilt af den ekspanderende Fuge, som paa dette Sted ikke hindres i sin Bevægelse af F-Sten. I 3 af Pillerne opstod saadanne Revner samtidigt med, at den 1' Midterrevne i F-Stenene dannedes.

$Cm \frac{MF}{FM}$ -Gruppen har et lignende Antal knuste Sten som Km-Gruppen.

At de i langt højere Grad end i denne ogsaa har Midterrevne er en simpel Følge af, at Cm-Gruppen har langt flere midterrevnede Sten.

I $Km \frac{MM}{FF}$ -Gruppen er kun 2 af de yderrevnede M-Sten fri for Midterrevne, hvilket forklares ved, at denne Gruppe har flere M-Sten med Midterrevne end de øvrige. Stenene i samtlige Grupperes øverste og nederste Skifte, der med en Cm-Fuge var forbundet med Jærnpladen, blev af denne som Regel beskyttet mod Revner. Af en Grupper 40 M-Sten laa de 8 i nævnte Skifter, saa man maatte vente, at kun 32 kunde revne. I $Km \frac{MM}{FF}$ -Gruppen er dog revnet 33, af hvilke 2 laa i nævnte Skifter, og disse Sten fik ingen Midterrevne, men kun en Knusningsrevne.

$Cm \frac{MM}{FF}$ -Gruppen har det mindste Antal knuste Sten, fordi der kun er knust 16 M-Sten, hvilket skyldes den i Stykke 3,32 omtalte specielle Spændingsfordeling. At der ikke er knust endnu færre M-Sten, og at Antallet af knuste F-Sten er saa stort, som det er — skønt deres Ender er aflastede i samme Grad som M-Stenenes — forklares ved, at Knusningerne i M-Stenene i overvejende Grad skete ved, at Hjørnerne revnede fra, idet disse Sten ved deres Ekspansion afrev et Hjørne af Lejefugen og derved fik Mulighed for selv at revne, og Revnen forplantede sig ofte ind i F-Stenene.

K. M- OG F-PILLERNES STYRKE.

Pillernes Alder og Prøveaaede er omtalt Side 50. Styrken af hver enkelt M-, F- og Bl-Pille er indført i Tabel 29.

Tabel 29. Pillernes Trykstyrke i at.

Stenart	Trykplader	Kalkmørtel			Cementmørtel		
M	fastspændte	30,4 33,2	31,8	31,3	51,1 55,4	53,3	53,5
	drejelige	29,6 31,9	30,8		53,6 53,8	53,7	
F	fastspændte	76,5 81,3	78,9	77,0	234 245	240	246
	drejelige	74,4 75,6	75,0		242 259	251	
MM FF	fastspændte	40,5 45,3	42,9	43,1	63,8 69,2	66,5	65,2
	drejelige	41,1 45,3	43,2		58,6 69,0	63,8	
MF FM	fastspændte	39,9 42,8	41,4	41,6	56,0 59,7	57,9	60,3
	drejelige	41,4 42,0	41,7		62,6 62,7	62,7	

Af Tabellens Tal fremgaar, at Styrken ikke paa lovmæssig Maade paa- virkes af, om Trykpladerne er fastspændte eller drejelige.

M- og F-Pillernes Styrke er gentaget i Tabel 30, hvor ogsaa Sten- og Mørtelstyrke er indført.

Fig. 35 viser Pillestyrkens Variation med Stenstyrke og Mørtelart.

Et Overblik over de to Faktoreres Betydning giver Tabel 31, der viser, at Overgangen fra den svage til den stærke Mørtel virker mere forstærkende paa de stærke Sten end paa de svage, og derfor ogsaa at Overgang fra den svage til den stærke Sten virker mere forstærkende, naar Mørtlen er stærk, end naar den er svag.

Tabel 30. Pillestyrke, Stenstyrke, Fugestyrke.

Pillens Art:	KmM	CmM	KmF	CmF
Pillestyrke S_p	31,3	53,5	77,0	246
Stenenes Cylinderstyrke ¹⁾ S_{st}	84,8	84,8	582	582
Fugemørtlens Trykstyrke ²⁾ S_{fu}	6,7	447	6,7	447
$S_{st} : S_{fu}$	12,6	0,19	86,8	1,30
$S_p : S_{st}$	0,369	0,631	0,132	0,423

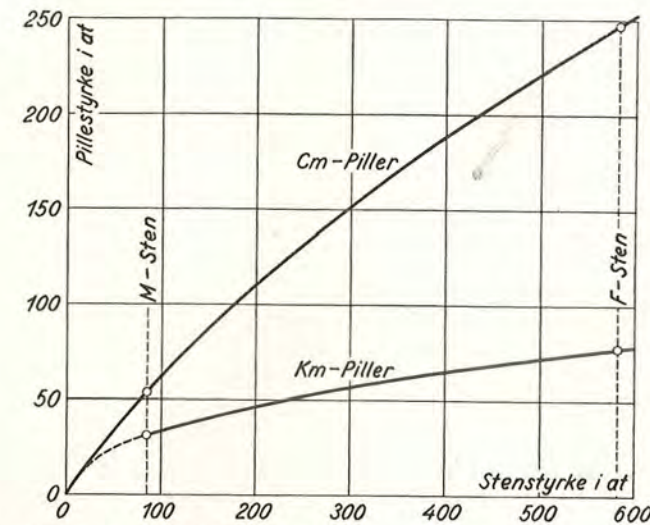


Fig. 35. Pillestyrkens Variation med Stenenes Cylinderstyrke og Mørtlens Art.

Tabel 31. Pillestyrkerne og deres Forhold.

	M-Sten	F-Sten	Forhold
Kalkmørtel.....	31,3 at	77,0 at	2,47
Cementmørtel.....	53,5 »	246 »	4,60
Forhold.....	1,71	3,20	

Den reciproke Værdi af Forholdene i nederste Linie kan for saavel M- som F-Sten udtrykkes ved:

$$\frac{S_{pKm}}{S_{pCm}} = \frac{2,6}{\sqrt{S_{st}}} \quad (1)$$

¹⁾ Se Side 20 og 31.

²⁾ Se Side 38.

Den tegnede Cm-Kurve er en 2' Grads Parabel med Ligningen:

$$S_{pCm} = \sqrt{28900 + 248 \cdot S_{st}} - 170. \quad (2)$$

Hvis man for Km-Pillerne udregner den tilsvarende Parabel, faar den Ligningen:

$$S_{pKm} = 2,9 \pm \sqrt{8,4 + 9,42 \cdot S_{st}} \quad (3)$$

og skærer altsaa Ordinataksen i 2 Punkter svarende til S_p lig 5,8 og Nul, hvorved den kommer til at ligge højere end Cm-Kurven for $S_{st} < 29$ at. Ligningen kan følgelig ikke være rigtig for meget svage Sten og er kun brugt til Tegning af den Del af Kurven, der ligger mellem Forsøgspunkterne, idet Minustegnet er udeladt. Den punkterede Kurvestrækning er skønnet. Hvis den skulde tilfredsstillende (1), vilde den skære Cm-Kurven.

For Piller, der kun afviger fra Forsøgs pillerne ved, at Stenenes Cylinderstyrke er en anden, skulde man af disse Ligninger kunne beregne Pillestyrken eller — hvis denne er kendt — Stenstyrken, nemlig:

$$\text{For Cm:} \quad S_{st} = \frac{S_{pCm}}{248} \cdot (S_{pCm} + 340) \quad (4)$$

$$\text{For Km:} \quad S_{st} = \frac{S_{pKm}}{9,42} \cdot (S_{pKm} - 5,8) \quad (5)$$

idet (5) dog ikke gælder, hvis S_{st} findes væsentlig mindre end 84,8 at. Formlerne gælder for Forsøgsmørtlerne; at indføre disses Styrke er som Regel af ringe Værdi for Praktikerne, der sjældent kender Mørtelstyrken (L7, Side 70). Et Begreb om dens Indflydelse ved de foreliggende Forsøg faar man af Ligningen:

$$\frac{S_p}{S_{st}} = 0,514 \cdot \sqrt[4]{\frac{S_{fu}}{S_{st}}} \quad \text{altsaa} \quad S_p = 0,514 \cdot \sqrt[4]{S_{fu} \cdot S_{st}^3}$$

men den udregnede Værdi er 27% for lille for KmM-Pillen og 13—27% for stor for de andre.

L. BLANDINGSPILLERNE'S STYRKE.

a. FORSØGSVÆRDIERNE.

$\frac{MF}{FM}$ -Pillerne er lidt svagere end $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne (Tabel 29), skønt de er stivere (Fig. 24—25); Svagheden skyldes formentlig den mere ujævne Spændingsfordeling. Da Forskellen er saa ringe, vil vi i det følgende kun beskæftige os med $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne, hvis Styrke kan have direkte Betydning i Praksis. Vi bruger Betegnelserne:

	Km	Cm
$\frac{MM}{FF}$ -Pillernes Styrke:	$S_{Bl} = 43,1$	65,2 at
M - " " :	$S_M = 31,3$	53,5 "
F - " " :	$S_F = 77,0$	246 "
M- og F-Pillernes Middelstyrke:	$S_{\text{middel}} = \frac{1}{2} \cdot (S_M + S_F) = 54,15$	149,75 "
	$S_M : S_F^1) = 0,40649$	0,21748

og finder da:

$$\text{Kalkmørtel:} \quad S_{Bl} = 1,377 \cdot S_M = 0,560 \cdot S_F = 0,79594 \cdot S_{\text{middel}}$$

$$\text{Cementmørtel:} \quad S_{Bl} = 1,219 \cdot S_M = 0,265 \cdot S_F = 0,43548 \cdot S_{\text{middel}}$$

For Km-Pillerne (der har $S_M : S_F = 0,41$) ligger S_{Bl} nærmest ved S_{middel} og næstnærmest ved S_M . For Cm-Pillerne (der har $S_M : S_F = 0,22$) ligger S_{Bl} nærmest ved S_M og næstnærmest ved S_{middel} .

Efter de svenske Normer — se Side 5 — skal man regne $S_{Bl} = S_M$, saa de er for $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne rigeligt sikre, men for $\frac{MF}{FM}$ -Pillerne skal man regne $S_{Bl} = S_{\text{middel}}$, mens Forsøgene (Tabel 29) viser $0,768 \cdot S_{\text{middel}}$ for Km og $0,403 \cdot S_{\text{middel}}$ for Cm (se Side 97).

b. HYPOTETISKE STYRKER FOR VILKAARLIGE VÆRDIER AF $S_M : S_F$.

1. $S_{Bl} : S_{\text{middel}}$.

Naar man som ovenfor udtrykker S_{Bl} ved S_{middel} , gælder de fundne Koefficienter — ca. 0,80 og ca. 0,44 — naturligvis kun for de ved Forsøgene brugte Mørtler og Sten. Saalænge der ikke er gjort Forsøg med andre

¹⁾ Dette og andre Forhold er udregnet med et tilsyneladende urimelig stort Antal Decimaler, da der ved Gennemførelsen af de efterfølgende Beregninger i Stykke b ellers vilde opstaa smaa Uoverensstemmelser, der vanskeliggjorde Kontrollen med Tallenes Rigtighed.

Stenstyrker, kan det være nyttigt at opstille en hypotetisk Formel for $S_{BI} : S_{\text{middel}}$ gældende for andre Værdier af $S_M : S_F$ end Forsøgets, men for de samme Mørtler. Som Grundlag for en saadan Formel har man kun, at den skal stemme med Forsøgsværdierne og være logisk uangribelig.

Lad en 1 Stens Pille opført af svage Sten i en vilkaarlig Mørtel have Styrken S_M og en Pille af stærke Sten i samme Mørtel have Styrken S_F . Vi skal finde Styrken af en 1 Stens Pille opført i denne Mørtel, naar hvert andet Skifte er af M-Sten og hvert andet af F-Sten.

Vi opstiller Formlen:

$$\frac{S_{BI}}{S_{\text{middel}}} = \frac{S_M}{S_F} \cdot \left[1 + \beta \cdot \left(1 - \frac{S_M}{S_F} \right) \right] \quad (6)$$

som opfylder de eneste to Betingelser, man paa Forhaand ved, at den skal opfylde:

$$\begin{aligned} \text{For } S_M = S_F, \text{ altsaa } S_{\text{middel}} = S_M = S_F, \text{ giver den } S_{BI} = S_{\text{middel}}. \\ \text{» } S_M = 0, \text{ » } S_{\text{middel}} = \frac{1}{2} \cdot S_F, \text{ » » } S_{BI} = 0. \end{aligned}$$

Hvis β er en for Mørtlen karakteristisk Konstant og altsaa ikke varierer med $S_M : S_F$, kan den udregnes for Forsøgsmørtlerne ved at indsætte Forsøgsværdierne i Formlen, og man finder:

$$\text{Kalkmørtel: } \beta = 1,6143 \quad \text{Cementmørtel: } \beta = 1,2810.$$

Formlen bliver da:

$$\begin{aligned} \text{Kalkmørtel: } \frac{S_{BI}}{S_{\text{middel}}} &= 1,6143 \cdot \frac{S_M}{S_F} \cdot \left(1,61948 - \frac{S_M}{S_F} \right) \\ \text{Cementmørtel: } \frac{S_{BI}}{S_{\text{middel}}} &= 1,2810 \cdot \frac{S_M}{S_F} \cdot \left(1,78063 - \frac{S_M}{S_F} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

De tilsvarende Kurver er 2' Grads Parabler.

Hvis man af (7) udleder de tilsvarende Formler for $S_{BI} : S_M$, viser det sig, at β ikke kan være helt konstant, da det medfører visse Urimeligheder, hvorom nærmere Side 84. For at fjerne disse maa man korrigerer β med de i Tabel 32 indførte Procenter.

Tabel 32. Korrektion af β i %.

$S_M : S_F$:	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Km:	+4,45	+1,26	+0,01	<		0			>
Cm:	+5,46	+0,62	-2,43	<		-3,59			>

De korrigerede Kurver for $S_{BI} : S_{\text{middel}}$ er tegnede paa Fig. 36, og Forsøgspunkterne er indecirkede. Ordinaterne til de korrigerede Kurver er indført i Tabel 33. Kurverne er 2' Grads Parabler, saafremt $S_M : S_F > \text{ca. } 0,35$.

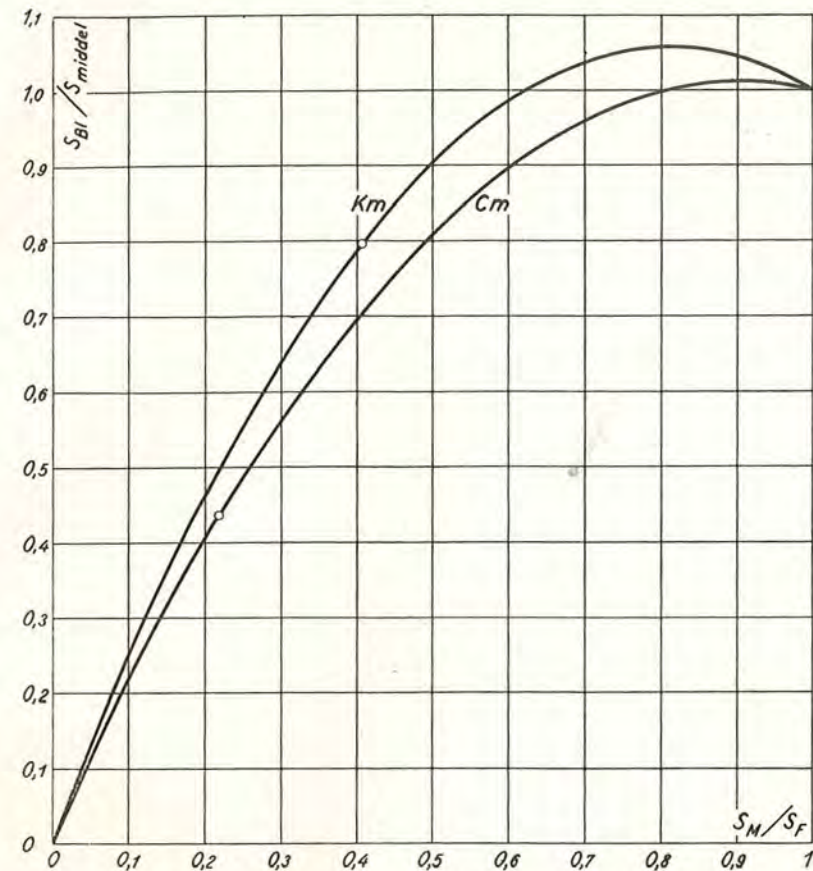


Fig. 36. Hypotetiske Kurver visende $S_{BI} : S_{\text{middel}}$, naar $S_M : S_F$ varierer.

At Kurvernes Toppunkt ligger tilvenstre for Endepunktet¹⁾ betyder ikke, at man kan forstærke en Pille af stærke Sten ved at erstatte hvert andet Skifte med svagere; naar Ordinaterne multipliceres med S_{middel} , faas fornuftige Værdier af S_{BI} .

Km-Kurven viser, at $S_{BI} : S_{\text{middel}}$ er lig 1 for $S_M : S_F = 0,616$ og 1, mens Forholdet for Mellemværdier er indtil 5,8% større og først bliver 5% mindre ved $S_M : S_F = 0,551$. Hypotesen fører altsaa til, at man for $S_M : S_F \geq 0,551$ har $S_{BI} : S_{\text{middel}}$ liggende mellem 0,95 og 1,058. Naar $S_M : S_F$ formindskes under 0,55, aftager $S_{BI} : S_{\text{middel}}$ hurtigt.

Cm-Kurven viser, at man for $S_M : S_F \geq 0,682$ har $S_{BI} : S_{\text{middel}}$ liggende mellem 0,95 og 1,01.

¹⁾ Toppunktets Koordinater er:

For Km-Kurven: $x = 0,8097$, $y = 1,0584$

» Cm- » : $x = 0,9049$, $y = 1,0112$.

At Cm-Kurven ligger lavere end Km-Kurven skyldes, at Overgangen fra Km til Cm hæver S_{BI} mindre end S_{middel} (Side 79).

At Cm-Kurven er flad foroven stemmer med nogle engelske Modelforsøg (L2, Side 13) med smaa Mursten — 3 in. lange, $1\frac{1}{2}$ in. brede, 1 in. tykke — støbte af Mørtel, dels A-Sten med Trykstyrke 730 at, dels B-Sten, hvis Styrke var 46% af A-Stenenes. Der opmuredes smaa »Vægge« — 4 Sten lange, 1 Sten tykke, 3 Skifter høje — enten af A-Sten eller af B-Sten eller af ligemange A- og B-Sten jævnt fordelt, og det viste sig da, at A-B-Væggen havde en Styrke, der kun var 1,6% mindre end Middeltallet af A- og B-Væggens. Muremørtlens Art er ikke nævnt, men har utvivlsomt været Cm, da Væggenes Styrke pr. Arealenhed var større end Stenenes¹⁾. Dette sidste er saa sælsomt, at man bør være forsigtig med at generalisere Resultatet, som svarer til, at Cm-Kurven paa Fig. 36 skulde være saa godt som vandret for $S_M:S_F \geq 0,47$ (dette var Forholdet mellem B- og A-Væggens Styrke), men det engelske Forsøg tyder dog ikke paa, at den tegnede Kurve ligger for højt. At den ligger lavere end den engelske Værdi er naturligt, da den gælder for en 1 Stens Pille, i hvilken de svage og stærke Sten er mindre jævnt fordelt end i »Væggene«.

Tabel 33 indeholder Kurveordinaterne paa Fig. 36—38.

Tabel 33. Kurveordinater paa Fig. 36—38.

$S_M:S_F$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Kalkmørtel										
$S_{BI}:S_{middel}$	0	0,252	0,462	0,639	0,787	0,904	0,987	1,039	1,058	1,045
$S_{BI}:S_F$	0	0,138	0,277	0,415	0,551	0,678	0,790	0,883	0,952	0,993
$S_{BI}:S_M$	<	1,385		> 1,378		1,355	1,317	1,262	1,191	1,103
Cementmørtel										
$S_{BI}:S_{middel}$	0	0,222	0,406	0,562	0,696	0,809	0,896	0,959	0,998	1,011
$S_{BI}:S_F$	0	0,122	0,244	0,366	0,487	0,607	0,717	0,815	0,898	0,958
$S_{BI}:S_M$	<	1,219		>		1,213	1,195	1,165	1,122	1,067

2. $S_{BI}:S_F$ og $S_{BI}:S_M$.

Man faar et bedre Overblik over Variationen af S_{BI} ved som Ordinater at afsætte enten $S_{BI}:S_F$ (Fig. 37) eller $S_{BI}:S_M$ (Fig. 38). Begge Figurer er afledt af Fig. 36, og Ordinaterne findes i Tabel 33.

(1) Kurverne paa Fig. 37 faas af de tilsvarende paa Fig. 36 ved Multiplikation af disses Ordinater med $\frac{S_{middel}}{S_F} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S_M}{S_F} + 1 \right)$. De er retliniede

¹⁾ Disse blev formentlig prøvet som hele Sten liggende paa Fladen mellem 2 Stykker Krydsfiner uden Mørtel.

paa det første Stykke¹⁾ og iøvrigt af 3' Grad med Hensyn til $S_M:S_F$.

Km-Kurven begynder foroven med Ordinaten 1. Ved $S_M:S_F = 0,970$ har den et Maksimum, der er saa lille — 1,0017 — at $S_{BI}:S_F$ praktisk talt er lig 1 for $S_M:S_F > 0,939$ og først bliver 5% mindre ved $S_M:S_F = 0,794$.

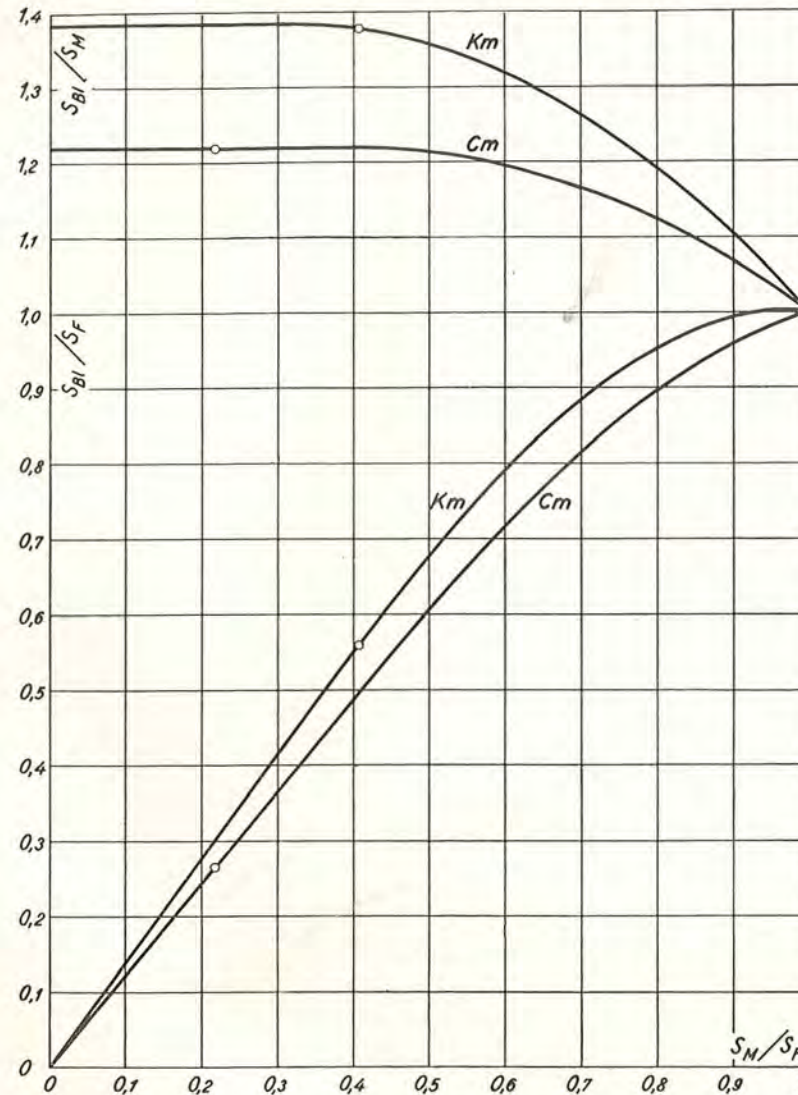


Fig. 38 (øverst). } Hypotetiske Kurver visende $\left\{ \begin{matrix} S_{BI}:S_M \\ S_{BI}:S_F \end{matrix} \right\}$, naar $S_M:S_F$ varierer.
Fig. 37 (nederst).

¹⁾ Km-Kurven er retliniet indtil $x = 0,310$, Cm-Kurven indtil $x = 0,405$. Begge Kurver vilde have været svagt opadhule paa disse Strækninger, hvis Korrektionerne i Tabel 32 ikke var blevet foretaget.

Logiske Overvejelser kan ikke afstikke Grænser for Formlernes Gyldighed. Paa Forhaand kunde man vente, at denne var betinget af, at S_M og S_F kun bevægede sig indenfor visse Grænser, men ved Formlernes Udledning er der udelukkende gjort Brug af den hypotetiske Kurve paa Fig. 36, og ved dennes Optegning er der kun gjort Brug af relative Værdier, nemlig Forsøgsværdien af $S_{BI}:S_{\text{middel}}$ og Forsøgsværdien af $S_M:S_F$. Hvis S_M , S_F og S_{middel} havde været n Gange saa store, vilde S_{BI} sandsynligvis ogsaa være blevet n Gange forstørret, og Fig. 36—38 vilde da ikke være blevet ændrede, saa de absolute Værdier af S_M og S_F kan ikke paa Forhaand antages at have Indflydelse paa Gyldigheden af Formlerne (8) til (11).

4.2. Gælder Resultaterne for helt ensartede Sten?

Et andet Spørgsmaal af Betydning er: Vilde Formlerne være blevet væsentlig ændrede, hvis samtlige M-Sten havde haft absolut ens Styrke og samtlige F-Sten ligesaa?

Styrkeforholdet mellem svageste og stærkeste Cylinder var hos M-Stenene $74,5:103 = 0,72$ og hos F-Stenene $485:700 = 0,69$, altsaa meget nær det samme, mens M-Stenenes Middelstyrkes Forhold til F-Stenenes var $84,8:582 = 0,15$. Da dette Forhold kun er ca. $1/5$ af de andre, er det ikke sandsynligt, at de fundne Styrker for Blandingspillerne var blevet væsentligt ændrede ved Brug af ganske ens Sten.

Mere sandsynligt er det, at man vilde have fundet forstørrede Værdier af S_M og S_F , og at den procentiske Forstørrelse — x — var blevet ens. I saa Fald vilde man for de prøvede BI-Piller have fundet de gamle Værdier af S_{BI} , og naar man beregnede β af Formel (6) (Side 80), skulde man indsætte de gamle Værdier af $S_M:S_F$, men en $x\%$ forstørret Værdi af S_{middel} , saa β vilde være fundet mindre.

Kaldes den gamle Værdi af $S_{BI}:S_{\text{middel}}$ for y og den nye y' , vilde man for Forsøgspillen have $y' = y: (1 + 0,01x)$, og naar man brugte den hypotetiske Formel til Beregning af y' for vilkaarlige Værdier af $S_M:S_F$, vilde man ogsaa finde $y' < y$. Kurverne paa Fig. 36 vilde altsaa blive sænkede, bortset fra Endepunkterne.

Naar man derfor bruger de foreliggende Kurver, selv om Stenene er helt ensartede, faar man en for høj Værdi af $S_{BI}:S_{\text{middel}}$, men til Gengæld er S_{middel} blevet $x\%$ større, saa Værdien af S_{BI} bliver næppe meget forskert.

M. STYRKEKRAV TIL TEGLSTEN.

I Leveringsbetingelser for almindelige Teglsten plejer man at foreskrive en Mindsteværdi for Middelstyrken samt at kræve, at ingen Sten maa være svagere end $2/3$ af denne. For danske fuldbændte Sten af almindeligt Ler kræves gerne Værdierne 150 og 100 at, og det skal derfor undersøges, hvad denne Tolerance betyder for Pillestyrken, idet der regnes med, at Værdierne gælder for Cylindre og ikke for sammenmurede Halvstenstærninger, samt med at de ved Forsøgene fundne Pillestyrker S_M og S_F gælder for Piller, i hvilke Stenstyrken ikke varierer, som begrundet Side 86.

Under disse Forudsætninger kan man for Sten uden Styrkevariation ved Hjælp af Formlerne (2) og (3) paa Side 78 beregne følgende sammenhørende Værdier af Sten- og Pillestyrke:

S_{st}	=	100	150	200	at
S_p (Cm)	=	62	87	110	»
S_p (Km)	=	33,7	40,6	46,4	»

(1) **Cm-Piller.** Hvis hver enkelt Sten har Styrken 150 at, bliver Pillestyrken $S_{p150} = 87$ at.

Hvis kun Middelstyrken er 150, og den laveste Enkeltværdi er 100, bliver det ugunstigste Tilfælde, at 50% af Stenene har Styrken 100, og de øvrige Styrken 200. Det er da muligt, at en Pille bliver opført af lutter svage Sten, hvorved dens Styrke bliver $S_{p100} = 62 = 0,71 \cdot S_{p150}$. Den fastsatte Tolerance med Hensyn til Stenstyrken vil altsaa kunne formindskes Pillestyrken til 71% af, hvad den vilde være, hvis der ingen Tolerance var, men kun under den ganske usandsynlige Forudsætning, at alle Pillens Sten har Minimumstyrken.

Hvis man derimod forudsætter, at hvertandet Skifte bestaar af de svage Sten, og hvertandet af de stærke, har man en BI-Pille med $S_{p100}:S_{p200} = 0,56$ og $S_{\text{middel}} = 86$, og Fig. 36 giver da:

$$S_{BI}:S_{\text{middel}} = 0,86, \quad S_{BI} = 74 \text{ at} = 0,84 \cdot S_{p150}.$$

(2) **Km-Piller.** Hvis hver enkelt Sten har Styrken 150 at, bliver Pillestyrken $S_{p150} = 40,6$ at.

Hvis kun Middelstyrken er 150, og den laveste Enkeltværdi er 100, bliver Pillestyrken i værste Fald (se ovenfor) $S_{p100} = 33,7 = 0,83 \cdot S_{p150}$, altsaa 83% af hvad den vilde være uden Tolerance.

For en Bl-Pille er $S_{p100} : S_{p200} = 0,73$ og $S_{\text{middel}} = 40$, og Fig. 36 giver da:

$$S_{\text{Bl}} : S_{\text{middel}} = 1,05, \quad S_{\text{Bl}} = 42 \text{ at} = 1,03 \cdot S_{p150}.$$

(3) **Sammenfatning.** Ovenstaaende Beregninger viser, at den fastsatte Tolerance — mindste Stenstyrke $\geq 2/3 \cdot$ Middelstyrken — kun har ringe Indflydelse paa Km-Pillers Styrke, idet den i værste Fald kan sænke denne 17%, mens Sænkningen for Cm-Pillers Vedkommende kan blive 29%. I begge Tilfælde er der regnet med, at samtlige Sten i Pillen har Styrken 100 at.

Man kommer formentlig Virkeligheden nærmere ved at regne med, at Stenene i hvertandet Skifte har Styrken 100 og i hvertandet Styrken 200, og i saa Fald medfører Tolerancen, at en Km-Pilles Styrke bliver 3% større, end hvis alle Stenene har Styrken 150, mens Cm-Pillens bliver 16% mindre.

I alt Fald synes der ingen Grund til at formindske Tolerancen.

SAMMENFATNING.

Afhandlingen omfatter:

I. Forforsøg med almindelige Teglsten fra forskellige Teglværker til Bedømmelse af Stenenes Ensartethed.

II. Hovedforsøg med 1 Stens Piller opmuret i enten Kalk- eller Cementmørtel, idet Stenene enten var Molersten (M-Sten) eller almindelige Teglsten (F-Sten) eller 50% af hver Slags i regelmæssig Blanding (Bl-Piller, Fig. 20—21).

For Hovedforsøgenes Vedkommende er Stoffet sammenstillet paa en noget anden Maade end i Afhandlingen, nemlig i følgende Afsnit:

	Side
1. Stenenes Egenskaber	90
2. Pillernes Fremstilling	92
3. » Tilstand ved Prøvningen	92
4. » Arbejdslinier og Elasticitetstal	92
5. Faktorer, der paavirker Pillernes Brudmaade	93
6. Stenrevnernes Art	94
7. M- og F-Pillernes Styrke og Brudmaade	95
8. Bl-Pillernes » » »	97
9. Hypotetiske Formler for Bl-Pillers Styrke	102

I. FORFORSØGENE.

Ved Undersøgelse af Sten fra forskellige Teglværker fandtes Forholdet mellem den stærkeste og svageste Stens Trykstyrke at ligge mellem 1,6 og 3,2 (Tabel 1).

Man undersøgte Styrkens Afhængighed af Rumvægt (Fig. 1), Stenlængde (Fig. 3), Klangfuldhed (Fig. 4), Kugletrykhaardhed (Fig. 5) og Borehaardhed (Fig. 6). Kurverne er zik-zak-formede paa Grund af Stenenes Faatalighed, men viser dog som Regel en udpræget Tendens til enten at stige eller synke med den paagældende Egenskab; til Bedømmelse af Styrker mellem 500 og 700 at synes Klangfuldheden dog ikke at være anvendelig. Borehaardheden synes at være et bedre Maal for Styrken end Kugletrykhaardheden. Den simpleste Fremgangsmaade til at faa en nogenlunde god Sortering af en Stenleverance til Forsøgsbrug er at maale Stenenes Længde.

II. HOVEDFORSØGENE.

1. Stenenes Egenskaber.

	Molersten	Flamsten
Rumvægt i vandfri Tilstand (Side 17 og 30)	783	1736 kg/m ³
Vandoptagelse (Side 17 og 30) i	Vægtprocent	79,4
	Rumprocent	62,1
		18,5 %
		32,2 »

Tørringssvindet maalt paa en M-Cylinders Overflade var stort (Side 18), og det foregik i Begyndelsen med en uforklarlig stor Hastighed.

Trykstyrke (Side 19 og 31):

5 cm Cylindre, vandfri	a 84,8	582 at
» » » , efter 7 Døgns Vandlagring	53,4	610 »
Sammenmurede Halvsten	b 73,1	440 »
a:b	1,16	1,32

Hvis Flamstenene halveredes ved at trykkes mellem Rundjærn (Fig. 15), blev Halvstenstærningerne 5% svagere, end naar Stenene blev skaaret over.

Bedre end de to benyttede Prøvemethoder er det utvivlsomt at prøve en halv Sten paa Fladen mellem Danatexplader uden Mørtel (Side 20).

Bøjningsstyrke (Side 20 og 31):

Hele Sten, vandfri	c 12,7	58,0 at
» » , vanddrukne	10,6	48,9 »
» » , ca. 10% vandmættede	10,0	59,0 »
» » , vandfri paa Højkant		67,2 »
c:a	0,15	0,10
c:b	0,17	0,13

Naar Brudstykkerne fra Forsøgene med Sten paa Fladen prøvedes med 10 cm Spændvidde, fandtes følgende procentiske Styrkeøgning (Side 21 og 32):

Vandfri	19	—6 %
10% vandmættede	7	»
Vanddrukne	1	»

Den negative Værdi for Flamstenene skyldes formentlig, at disse Sten er særligt svage i Fjerdedelspunkterne.

	Molersten	Flamsten
Trykelasticitetstal for Cylindre (Side 22 og 33):		
Vandfri, 0— 5 at og 0—25 at	18650	146200 at
» , 0—20 » » 0—50 »	16100	» »
» , 0—30 » » 0—75 »	15100	» »
Vanddrukne, 0— 5 at og 0—25 at	15400 ¹⁾	142900 »
» , 0—20 » » 0—50 »	13400 ¹⁾	» »
» , 0—30 » » 0—75 »	12230 ¹⁾	142300 »

Arbejdslinierne er vist paa Fig. 10 og 16.

Naar Molerstenscylindre udboredes saaledes, at deres Akse laa i Stenens Længderetning (Fig. 14), var deres E kun 81% af den normale Værdi (Side 29), som Følge af at Stenene er fremstillede ved Strengpresning.

Vanddrukne Molerstenscylindre viste ved høje Spændinger en stærk Krybning; under 6 Timers Belastning med ca. 34 at voksede Forkortelsen med 17,6% af den straks maalte (Fig. 12, Side 24).

Trykelasticitetstal for hele Sten. Tryk paa Kopfladen (Side 25 og 35):

Vandfri, 0— 5 at og 0—25 at	14900	119200 at
» , 0—20 » » 0—50 »	14400	114500 »
» , 0—30 » » 0—75 »	13600	113200 »
Vanddrukne, 0— 5 at og 0—25 at	12850	89400 »
» , 0—20 » » 0—50 »	11360	87000 »
Forhold mellem vanddrukne og vandfri	0,86—0,79	0,75—0,76

Arbejdslinierne er vist paa Fig. 13 og 18.

Flamstenenes E var væsentlig større paa de midterste 8 cm end nærmere Enderne (Side 34).

Forhold mellem hele Stens og Cylindres E :

Middel for vandfri Legemer	0,87	0,79
Tallenes Lavhed skyldes, at Stenene er strengpressede (Side 34).		

Forhold mellem hele Stens Forkortelse og Tværuddvidelse (Side 26 og 36):

Vandfri	7,25	7,26
Vanddrukne	ca. 7,55	(8,99)

¹⁾ 83% af de vandfri Cylindres.

mærkes ogsaa, naar Fugen ligger mellem en F- og en M-Sten, idet Skaderne i KmBl-Pillerne kun indtræder lidet tidligere end i KmF-Pillerne, mens de i CmBl-Pillerne indtræder langt tidligere end i CmF-Pillerne og omtrent samtidig med Skaderne i CmM-Pillerne (Side 58, Stykke 2,1).

F-Stenenes Evne til at beskytte Km-Fugen var særligt iøjnefaldende hos de 4 Km $\frac{MF}{FM}$ -Piller, thi efter disses Brud var alle Fuger mellem 2 F-Sten uskadte (Fig. 28—30, Side 60).

Skadernes Rækkefølge bestemmes i overvejende Grad af Mørtlens Art og ikke af Stenenes (Side 56—58).

Hos Km-Pillerne var Rækkefølgen:

- (1) Drysning af Sandskorn fra Fugerne.
- (2) Afskalling paa Stenene langs de vandrette Fuger.
- (3) Knusning af Mørtlen i » » » .
- (4) Lodrette Revner i Stenene.

Hos Cm-Pillerne forekom (1) paa ret tilfældige Tidspunkter, og iøvrigt var Rækkefølgen (2), (4), (3), kun hos $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne var den som ovenfor (Side 58).

Hos samtlige 16 Bl-Piller skete (2) altid først paa M-Sten, hvorimod (4) hos 9 af disse Piller opstod først i F-Sten (Side 68, Tabel 26).

De Spændinger, ved hvilke de nævnte Skader optraadte 1' Gang, var større hos Cm- end hos Km-Pillerne; i særlig Grad gælder dette F-Pillerne (Side 56, Tabel 22).

6. Stenrevnernes Art.

Man kan skelne mellem Midter- og Yderrevner.

Midterrevner i Løberne, altsaa i Stødfugeplanerne. I 29 af de 32 Piller var 1' Revne af denne Art. Disse Revner kan have 5 Aarsager:

(1) Naar Mørtlen ekspanderer mere end Stenen, faar denne vandrette Trækspændinger, der er størst i Stødfugeplanerne (Side 63, Stykke 1,21).

(2) Manglende Homogenitet i Pillerne kan fremkalde Bøjningsspændinger (Side 63, Stykke 1,21).

(3) I Cm-Piller kan M-Sten flække som Følge af Trykket fra Stødfugerne (Side 57, Fig. 26—27).

(4) Naar den ene Løber i et Skifte revner i Stødfugeplanet, vil den anden som Regel ogsaa gøre det, enten samtidig eller senere. Størst Afvigelse fra Reglen træffes, naar 2 F-Sten ligger i samme Skifte, og Mørtlen er Km (Side 66, Stykke 2,22); er den ene Sten væsentlig svagere end den anden, vil den lettere kunne revne alene, end naar Mørtlen er Cm.

(5) De mere overfladiske Skader, der sker forud for Revnedannelsen,

vil koncentrere de lodrette Trykspændinger i Pillens Kærne, hvorved der opstaar vandrette Trækspændinger, der er størst i Pillens lodrette Midterplaner (Side 64, Stykke 1,3). Hvilken Rolle denne Faktor har spillet kan ikke afgøres, men den synes ikke at være væsentlig sammenlignet med (1)—(4).

Revner andre Steder i Stenene. Disse Revner kan kun skyldes (1), (2) og (5). I Modsætning til Midterrevnerne, der optræder, hvor den vandrette Trækspænding er størst, optræder Yderrevnerne paa Steder, hvor Stenen er særlig svag, eller Mørtlen særlig stærkt ekspanderende, f. Eks. i Pillens Hjørner (Side 62, Fig. 30) eller paa Steder, hvor det lodrette Tryk er særlig stort eller ujævnt fordelt; de forplanter sig i mindre Grad end Midterrevnerne ind i Skiftets anden Sten. Navnlig naar Mørtlen er lidet ekspanderende som hos Cm-Pillerne, er disse Revner ikke meget forskellige fra dem, der dannes ved Trykforsøg med et homogent Legeme, hvorfor de med nogen Ret kan karakteriseres som Knusningsrevner (Side 63, Stykke 1,21).

7. M- og F-Pillernes Styrke og Brudmaade.

A. Forhold mellem Pille- og Stenstyrke. Pillestyrkerne findes i Tabel 29, Side 76, og af Tabel 30 fremgaar, at nævnte Forhold vokser, naar Forholdet mellem Sten- og Mørtelstyrke aftager. Tabel 31 viser, at Overgang fra M- til F-Sten forstærker en Cm-Pille mere end en Km-Pille, og at Overgang fra Km til Cm forstærker en F-Pille mere end en M-Pille, idet Forstærkningen er proportional med $\sqrt[3]{S_{st}}$, se Formel (1), Side 77.

Forholdet er vist paa Fig. 35 og kan udtrykkes ved Formlerne (2)—(5) paa Side 78.

B. Karakteristik af de 4 Pillegrupper.

(a) KmM-Piller: Svage men ensartede Sten i en svag Mørtel, der ekspanderer mere end Stenene og overtrækker disse i Stødfugeplanerne, se Side 63, Stykke 1,21.

(b) CmM-Piller: Svage men ensartede Sten i en stærk Mørtel, der ekspanderer mindre end Stenene og derfor fremkalder vandrette Trykspændinger i disse. Alligevel revner Stenene i Stødfugeplanerne, men det skyldes Trykket fra de stive Stødfuger, se Side 57, Fig. 26—27. At Trykket er koncentreret i Stødfugeplanerne giver disse Piller en Særstilling; hos alle de andre er Trykket jævnt fordelt.

(c) KmF-Piller: Stærke men uensartede Sten i en svag Mørtel, der ekspanderer mere end Stenene og derfor har samme Virkning som i (a), men paa Grund af Stenenes større og mere varierende Styrke bliver færre

af dem overtrukket i Stødfugeplanerne, se Side 65—66, Stykke 2,12 og 2,14 og 2,22.

(d) CmF-Piller: Stærke men uensartede Sten i en stærk Mørtel, der kun ekspanderer lidet mere end Stenene og derfor kun bibringer disse smaa vandrette Trækspændinger; desuden er den lodrette Trykspænding nogenlunde ens i Stødfuge og Sten, saa Resultatet bliver, at kun de svageste Sten revner i Stødfugeplanerne, se Side 67, Stykke 2,23.

C. Revne- og Brudspænding er sammenstillet i Tabel 35.

Tabel 35. M- og F-Pillernes Brudmaade.

Pillens Art:		KmM	CmM	KmF	CmF
1	Revnepænding i at	28	44	40	139
2	Brudspænding » »	31,3	53,5	77,0	246
3	Forhold	0,89	0,82	0,52	0,57
4	Antal revnede Sten efter Brud	68	58	68	61
5	midterrevnede	59	54	53	39
6	ydeerrevnede	42	23	48	43
Forhold mellem Antal af:					
7	midterrevnede og revnede Sten	0,87	0,93	0,78	0,64
8	ydeerrevnede » » »	0,62	0,40	0,71	0,70
9	midter- og ydeerrevnede »	1,40	2,34	1,10	0,91
10	Midterrevnede Stens Fordeling mellem } Stødfugeplanerne }	1,19	1,34	1,28	2,24

Revnepændingen vokser med Mørtelstyrken, naar Stenstyrken er givet, og med Stenstyrken, naar Mørtelstyrken er givet. Hos CmM-Pillen virker Lejefugen som en Armering, der hindrer Revnedannelse, indtil Stødfugestrykket fremkalder den (Fig. 27). Hos de andre Piller trækker Lejefugen Stenen over, og det sker ved en særlig høj Spænding hos CmF-Pillen, da Mørtlen er lidet ekspanderende og Stenen stærk.

Brudspændingen vokser paa samme Maade, men ikke proportionalt med Revnepændingen.

Forholdet mellem Revne- og Brudspænding er langt større hos M- end hos F-Pillerne som Følge af M-Stenenes Ensartethed, der medfører, at Antallet af revnede M-Sten vokser hurtigere med Spændingen end Antallet af revnede F-Sten (Side 65, Stykke 2,14).

D. Antallet af revnede Sten efter Pillens Brud er indført i Tabel 35, Linie 4 som en Sum for hele Gruppen. Det er større hos Km- end hos Cm-Pillerne som Følge af Km's større Ekspansion, men det er uafhængigt af Stenarten.

Forholdet mellem midter- og ydeerrevnede Sten (Linie 9) karakteriserer i nogen Grad Brudmaaden.

Forholdet er unormalt stort hos CmM-Pillen, fordi Kombinationen af stive Stødfuger med bløde Sten medfører, at Trykkraften koncentrerer sig i Stødfugeplanerne; 93% af samtlige revnede Sten har en Revne i Stødfugeplanet (Linie 7), hvor Trykket er stort, og kun 40% har Revner udenfor dette (Linie 8), hvor Trykket er lille.

I de andre Piller er Trykket jævnt fordelt, saa Midterrevnerne skyldes alene Mørtlens Ekspansion, og naar Tallene i Linie 9 viser, at Ydeerrevner har spillet en større Rolle ved KmF- end ved KmM-Pillens Brud, skyldes det formentlig, at F-Stenene har været stærkere i Midtertværsnittet end nærmere Enderne, hvor Trykket er lige saa stort. At Tallet er endnu lavere hos CmF-Pillen skyldes Cm's ringe Ekspansion.

De midterrevnede Stens Fordeling mellem Stødfugeplanerne (Linie 10 og Side 64, Stykke 1,4) karakteriserer i nogen Grad Bruddets Regelmæssighed, idet denne aftager, naar Fordelingstallet vokser. Regelmæssigheden er størst, naar Mørtlen er stærkt ekspanderende og Stenene ensartede, som hos KmM-Pillen, og mindst naar Forholdet er omvendt, som hos CmF-Pillen.

I KmM-Gruppen havde samtlige Pillesider en kontinuerlig Midterrevne gennemskærende de 7—9 midterste Skifter.

At CmF-Gruppen har over dobbelt saa mange revnede Løbere i det ene Plan som i det andet (gennemsnitlig ca. 7 mod 3) er forklaret Side 67, Stykke 2,23.

8. Blandingspillernes Styrke og Brudmaade.

A. Styrketallene sammenlignet med de svenske Normers. Styrketallene findes i Tabel 29, Side 76; de er lidt lavere for $\frac{MF}{FM}$ - end for $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne. Styrketallenes Forhold til S_M (M-Pillernes Styrke), S_F (F-Pillernes Styrke) og til $S_{\text{middel}} (= \frac{1}{2} \cdot (S_M + S_F))$ er udregnet Side 79.

De fundne Værdier er nedenfor sammenstillet med dem, der regnes med i Sverige (se Side 5):

Pillens Art:		$Km \frac{MM}{FF}$	$Cm \frac{MM}{FF}$	$Km \frac{MF}{FM}$	$Cm \frac{MF}{FM}$
Forsøgs værdier:	$S_{Bl} =$	$1,38 \cdot S_M$	$1,22 \cdot S_M$	$0,77 \cdot S_{\text{middel}}$	$0,40 \cdot S_{\text{middel}}$
Svenske Værdier:	$\ast =$	S_M		S_{middel}	

Naar Forbandtet er $\frac{MM}{FF}$, er den svenske Værdi altsaa lavere end Forsøgs pillernes, og af de senere omtalte hypotetiske Kurver for $S_{BI}:S_M$ (Fig. 38, Side 83), gældende for andre Værdier af $S_M:S_F$ end Forsøgs pillernes, tør man slutte, at den svenske Værdi altid er for lav, men nærmer sig til at blive rigtig med voksende Størrelse af $S_M:S_F$.

Naar Forbandtet er $\frac{MF}{FM}$, er den svenske Værdi derimod højere end Forsøgs pillernes. Gør man Brug af de hypotetiske Kurver for $S_{BI}:S_{midde}$ (Fig. 36), der ganske vist er udregnet for $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne, men ikke vilde være fundet væsentligt anderledes for $\frac{MF}{FM}$ -Pillerne, tør man slutte, at den svenske Værdi er rigtig, naar $S_M:S_F$ er større end ca. 0,55 for Km-Piller og større end ca. 0,68 for Cm-Piller. Er $S_M:S_F$ mindre end disse Størrelser, vil Fejlen ved at bruge den svenske Værdi vokse hurtigt med aftagende $S_M:S_F$.

B. Karakteristik af de 4 Pillegrupper.

(a) Km $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne (Side 41, Fig. 21). Det ene Stødfugeplan gennemskærer kun M-Sten, det andet kun F-Sten. Den stærkt ekspanderende Km søger at trække Stenene i begge Stødfugeplaner over, og 1' Revne dannes i det svageste, altsaa i M-Stenene (Side 69, Fig. 31), hvor ogsaa de følgende Midterrevner som Regel dannes. Pillen flækker derfor i dette Plan, mens der i det andet kun opstaar faa Revner.

(b) Cm $\frac{MM}{FF}$ -Pillerne afviger kun fra (a) ved, at Mørtlen er lidet ekspanderende, og Stødfugerne stivere end M-Stenene, men derved opstaar det for denne ene Gruppe specielle Forhold, at det ene Stødfugeplan kun gennemskærer stive Materialer — F-Sten samt Stød- og Lejefuger af Cm — mens det andet gennemskærer de eftergivende M-Sten. Pillens Trykkraft koncentrerer derved i det 1' Plan, hvorved M-Stenene aflastes (Side 74, Stykke 3,32). F-Stenene revner først, dels som Følge af Stødfugernes Tryk (Side 57, Fig. 26—27) og dels fordi de stærkt ekspanderende M-Sten trækker dem over (Side 69, Fig. 32a og b). Da ogsaa de følgende Midterrevner som Regel dannes i samme Plan, flækker Pillen kun i dette.

(c) Km $\frac{MF}{FM}$ -Pillerne (Side 41, Fig. 20). M- og F-Stenene ligger i to Skruelinier, der er indpasset i hinanden. 1' Revne opstaar i F-Stenene, da disse danner en skrueformet Armering i Pillen, hvis øvrige Bestanddele ekspanderer (Side 70, Fig. 33). De følgende Midterrevner fordeler sig ligeligt over M- og F-Sten, dels fordi de to Sten i et Skifte plejer at opføre

sig ens, og dels fordi de Sten, som revner alene, lige saa ofte er M- som F-Sten.

I to af Pillens Sider er der kun 2 M-Løbere, i de andre 3. Tænker man sig Pillen delt i 4 Halvstenspiller, indeholder to af disse 5 M-Sten og de andre 4 eller 6, saa Sammentrykkeligheden bliver forskellig. Dette Forhold synes dog kun at have paavirket de tilsvarende Cm-Pillers Brud.

(d) Cm $\frac{MF}{FM}$ -Pillerne afviger kun fra (c) ved, at Mørtlen er meget stiv og lidet ekspanderende. Stivheden medfører, at den under (c) omtalte Uensartethed i Henseende til Sammentrykkelighed bliver stærkt forøget, da Cm-Pillens Sammentrykkelighed i overvejende Grad bestemmes af M-Stenenes Antal, mens dette er af underordnet Betydning for Km-Pillens, som i overvejende Grad bestemmes af Mørtlens. Der maa følgelig opstaa store Bøjnings- og Forskydningsspændinger i Stødfugeplanerne. 1' Revne dannes derfor i de svage M-Sten (Side 70, Fig. 34), og hertil bidrager formentlig Trykket fra de stive Stødfuger (Fig. 26—27), eftersom Stødfugeplanerne kun gennemskærer 2 eller 3 M-Sten i hver Sideflade, mens alle andre lodrette Planer gennemskærer 4—6, hvilket medfører, at Stødfugeplanerne danner en lodret Armering i Pillen og optager en uforholdsmæssig stor Del af Trykkraften. De følgende Midterrevner fordeler sig ligeligt over M- og F-Sten ligesom hos (c) og af samme Grunde.

C. Revne- og Brudspænding er sammenstillet i Tabel 36.

Om 1' Revne opstaar i M- eller F-Sten afhænger af baade Mørtel og Forbandt, som forklaret under B.

Revnespændingen er mindre varierende end hos M- og F-Pillerne, da Stenkvaliteten gennemsnitlig er ens hos samtlige Bl-Piller. Spændingen vokser med Mørtelstyrken, naar Forbandtet er givet.

Km-Pillernes Forbandt er uden Indflydelse paa deres Revnespænding; denne er i begge Grupper lig Middeltallet af M- og F-Pillernes, skønt det er henholdsvis en M- og en F-Sten, der trækkes over. Pillens Trykkraft maa altsaa fremkalde en større Trækkraft i F- end i M-Stenen, og dette forklares ved, at M-Stenens Trækkraft kun skyldes en enkelt Lejefuges Ekspansion (Side 69, Fig. 31), mens F-Stenens skyldes 4 Fugers + 2 M-Koppers + 1 M-Løbers (Fig. 33).

Cm-Pillernes Forbandt har derimod Indflydelse; Revnespændingen er større hos $\frac{MM}{FF}$ - end hos $\frac{MF}{FM}$ -Pillerne; i begge Grupper faar M-Stenene vandrette Trykspændinger; i $\frac{MM}{FF}$ -Gruppen koncentrerer den lodrette Trykkraft i det Stødfugeplan, der gennemskærer F-Stenene, og disse revner som Følge af Stødfugetrykket; i $\frac{MF}{FM}$ -Gruppen er Stødfugetrykket

ens i de to Planer, og de svage M-Sten revner derfor først og ved en lavere Spænding, hvortil de under B(d) nævnte Bøjningsspændinger bidrager.

Tabel 36. Bl-Pillernes Brudmaade.

Pillens Art:		$Km \frac{MM}{FF}$	$Cm \frac{MM}{FF}$	$Km \frac{MF}{FM}$	$Cm \frac{MF}{FM}$
1	1 ^a Revne kom i	M-Sten	F-Sten	F-Sten	M-Sten
2	Revnepænding i at	34	57	35	43
3	Brudspænding * *	43,1	65,2	41,6	60,3
4	Forhold	0,79	0,87	0,84	0,71
5	Revnepændingens } Forhold til Mid-	1,00	0,62	1,03	0,52
6	Brudspændingens } F-Pillens				
7	Antal revnede Sten efter Brud	48	50	52	61
8	midterrevnede	39	32	33	54
9	yderrevnede	35	29	36	38
Forhold mellem Antal af:					
10	midterrevnede og revnede Sten	0,81	0,64	0,64	0,89
11	yderrevnede * * *	0,71	0,58	0,69	0,62
12	midter- og yderrevnede *	1,11	1,10	0,92	1,42
13	Midterrevnede Stens Fordeling mellem } Stødfugeplanerne	4,00	5,24	1,73	1,12
Forhold mellem Antal af:					
14	revnede M-Sten og revnede Sten	0,69	0,42	0,60	0,52
15	* F- * * * *	0,31	0,58	0,40	0,48
16	* M- og F-Sten	2,20	0,73	1,48	1,10
17	midterrevnede M- og F-Sten	3,88	0,39	1,06	1,00
18	yderrevnede * * *	1,92	1,23	3,50	3,22
19	midter- og yderrevnede M-Sten	1,35	0,56	0,61	0,93
20	* * * F- *	0,67	1,77	2,00	3,00

Brudspændingen varierer paa lignende Maade, men ikke proportionalt med Revnepændingen.

Forholdet mellem Revne- og Brudspænding varierer mindre end hos M- og F-Pillerne. Det er lavere, naar en M-Sten revner først, end naar en F-Sten gør det.

Sammenligner man Revnepændingen med den tilsvarende M- og F-Pilles Middelværdi, som er 34 at, naar Mørtlen er Km, og 91,5 at, naar Mørtlen er Cm, kommer man til Værdierne i Linie 5, som viser, at KmBl-Pillernes Revnepænding ved begge Forbandter er Middeltallet af KmM- og KmF-Pillens, mens CmBl-Pillernes ligger langt under Middeltallet af CmM- og CmF-Pillens, idet det kun er lidet højere eller endog lavere end CmM-Pillens. Dette er dels en Følge af, at CmF-Pillens Revne-

spænding ligger meget højt, og dels af den ujævne Spændingsfordeling, som Cm fremkalder i Bl-Pillerne.

En tilsvarende Sammenligning af Brudspændingerne, hvis Middelværdi for M- og F-Pillen er 54,2 at, naar Mørtlen er Km, og 150 at, naar Mørtlen er Cm, giver Værdierne i Linie 6; de ligger lavere end Revnepændingens, men viser den samme Forskel mellem Km og Cm.

D. Antallet af revnede Sten efter Pillens Brud (Linie 7) er mindre end hos M- og F-Pillerne.

At Antallet er næsten ens i de 3 første Grupper er en tilfældig Følge af, at en Gruppe med mange revnede M-Sten (Km-Grupperne) har faa revnede F-Sten (Linie 14 og 15) og omvendt ($Cm \frac{MM}{FF}$ -Gruppen).

At Antallet er væsentlig større i $Cm \frac{MF}{FM}$ -Gruppen (Linie 7) skyldes dennes mange Sten med Midterrevne (Linie 8).

De faa revnede F-Sten i $Km \frac{MM}{FF}$ -Gruppen (Linie 15) skyldes, at Flækningsrevnen gik paa tværs af M-Stenene. De faa revnede M-Sten i den tilsvarende Cm-Gruppe (Linie 14) skyldes, at Flækningsrevnen gik paa tværs af F-Stenene, se under B(b).

Antallet af midterrevnede Sten (Linie 8) var langt mindre end hos M- og F-Pillerne; kun $Cm \frac{MF}{FM}$ -Gruppen danner en Undtagelse som Følge af den ujævne Trykfordeling (Side 70, Stykke 3,124).

De lavere Tal hos de andre Grupper skyldes hos $\frac{MM}{FF}$ -Grupperne, at disse kun flækkede i det ene Stødfugeplan, og hos $Km \frac{MF}{FM}$ -Gruppen formentlig, at F-Stenene danner en skrueformet Armering, saa M-Stenene i Begyndelsen har vandrette Trykspændinger og først kan revne, efterhaanden som F-Stenene revner; af disse revnede kun de 16 svageste (Side 71, Tabel 27), hvorfor der ogsaa kun revnede et lignende Antal M-Sten.

Forholdet mellem midter- og yderrevnede Sten (Linie 12) er kun hos $Km \frac{MF}{FM}$ -Pillen mindre end 1, og det skyldes, at mange M-Sten knustes i Pillens Hjørner, hvor de laa ovenpaa hinanden adskilt af den ekspanderende Fuge (Side 75).

Forholdet er ca. 50% større hos den tilsvarende Cm-Pille — hvilket ogsaa gælder for M- og F-Stenene hver for sig (Linie 19 og 20) — fordi denne har saa mange midterrevnede Sten, baade absolut og procentisk (Linie 8 og 10).

Forholdet er ens hos de to $\frac{MM}{FF}$ -Grupper, der kun flækkede i eet Plan (Linie 13), henholdsvis gennem M- og F-Stenene (Linie 17). At Antallet af yderrevnede Sten (Linie 9 og 11) er lavere i $Cm\frac{MM}{FF}$ -Gruppen end i de tre andre skyldes Trykkets Koncentration i det ene Stødfugeplan (Side 75).

De midterrevnede Stens Fordeling mellem Stødfugeplanerne (Linie 13) varierede mere end hos M- og F-Pillerne. Fordelingstallene for $\frac{MM}{FF}$ -Grupperne er særligt store, fordi Pillerne i disse Grupper kun flækkede i eet af Planerne (Linie 17); 2 af Cm -Pillerne fik slet ingen Revner i det ene Plan. Se iøvrigt Side 72, Stykke 3,24.

Forholdet mellem midterrevnede M- og F-Sten (Linie 17) er hos $Km\frac{MM}{FF}$ -Gruppen 3,88 og hos $Cm\frac{MM}{FF}$ -Gruppen kun 0,39 i Overensstemmelse med Flækningsplanets Beliggenhed.

I de to $\frac{MF}{FM}$ -Grupper er der derimod revnet lige mange M- og F-Sten, hvilket dels skyldes, at de to Sten i et Skifte hyppigst opfører sig ens (Side 72, Stykke 3,22), og dels at de Sten, der revner alene, lige saa ofte er M- som F-Sten.

Forholdet mellem yderrevnede M- og F-Sten (Linie 18) viser, at der i samtlige Grupper er »knust« flere M- end F-Sten, og at Forholdet er særlig stort, naar Forbandtet er $\frac{MF}{FM}$. Det er lavest hos $Cm\frac{MM}{FF}$ -Gruppen, da det med M-Stenene parallelle Stødfugeplan er saa stift, at det aflaster M-Stenene.

Forholdet mellem midter- og yderrevnede M- og F-Sten (Linie 19 og 20) viser for $Km\frac{MM}{FF}$ -Gruppens Vedkommende, at M-Stenene i højere Grad har Midter- end Yderrevner, mens F-Stenene har forholdt sig omvendt. I de øvrige Grupper er Forholdet det modsatte.

9. Hypotetiske Formler for BI-Pillers Styrke, naar $S_M:S_F$ varierer mellem 0 og 1.

I dette Afsnit bruges Betegnelserne M og F ikke specielt for Forsøgsstenene, men for 2 Slags Sten, af hvilke M-Stenene er de svageste.

For $\frac{MM}{FF}$ -Pillers Vedkommende er der Side 80 opstillet hypotetiske

Formler (7) for S_{BI} gældende for andre Værdier af $S_M:S_F$ end Forsøgs-pillerne (0,41 og 0,22), og efter smaa Korrektioner giver de Kurverne paa Fig. 36—38, der viser $S_{BI}:S_{\text{middel}}$, $S_{BI}:S_F$ og $S_{BI}:S_M$ som Funktion af $S_M:S_F$. Trods det spinkle Grundlag for Udledelsen ser Kurverne meget tilforladelige ud.

Fig. 36 viser, at for store Værdier af $S_M:S_F$ haves meget nær $S_{BI} = S_{\text{middel}}$, mens Fig. 38 viser, at for smaa Værdier af $S_M:S_F$ haves meget nær $S_{BI} = c \cdot S_M$, hvor c er en af Mørtlen afhængig Konstant.

Fig. 38 viser desuden — se Side 84 — at naar en M-Pille faar hvertandet Skifte erstattet med F-Sten, kan dens Styrke højst forøges med 38,5 eller 21,9%, eftersom Mørtlen er Km eller Cm , og for at opnaa disse Forøgelser kræves $S_F \geq$ henholdsvis $3,23 S_M$ og $2,47 S_M$.

Af Fig. 37 kan man umiddelbart se, hvormeget en F-Pille svækkes, naar hvertandet Skifte erstattes med M-Sten. Er $S_M = 0,8 \cdot S_F$, svækkes Km -Pillen 5% og Cm -Pillen 10. Tilsvarende viser Fig. 38, hvormeget en M-Pille forstærkes, naar hvertandet Skifte erstattes med F-Sten. Er $S_F = S_M:0,8 = 1,25 \cdot S_M$, forstærkes Km -Pillen 19% og Cm -Pillen 12.

Simple Formler til Udregning af S_{BI} findes i Afsnit 3, Side 85. Hvis man ikke kender Pillestyrkerne S_M og S_F , kan de beregnes af Stenstyrkerne.

Formlernes og Kurvernes Rigtighed kan kun afgøres ved nye Forsøgsrækker, i hvilke der forekommer flere Værdier af $S_M:S_F$, saa man faar bestemt flere end eet Punkt af hver Kurve.

Hvis man derimod antager, at Kurverne er rigtige for de foreliggende Forsøgssten og vil vide, om man havde fundet de samme Kurver, hvis begge Stenarter havde været saa meget stærkere, at saavel S_M som S_F var blevet n Gange forstørret, saa fører simple Overvejelser til, at Kurverne var blevet de samme, se Afsnit 4,1, Side 85.

Det er endvidere søgt udredt, om Kurverne var blevet de samme, hvis Styrken af hver enkelt Sten i Pillerne havde været lig med den paa-gældende Stenarts Middelstyrke, og Overvejelserne — se Afsnit 4,2, Side 86 — tyder paa, at det ikke vilde have ændret Kurverne stort.

I Afsnit M, Side 87 er der sluttelig paa Grundlag af Kurverne anstillet nogle Betragtninger over det i Leveringsbetingelser for Teglsten almindelige Krav om, at ingen af Stenene maa have en Styrke, der er lavere end $2/3$ af den foreskrevne Middelstyrke. Resultatet er, at denne Tolerance ikke formindsker Pillestyrken saa meget, at der er Grund til at skærpe Kravet.

ENGLISH SUMMARY

The main subject of this paper is the modulus of elasticity and strength of brick columns every second brick of which is weak and every second brick is strong (Figs. 20 and 21, page 41). The investigations were carried out in The Laboratory for Building Research at the Danish Royal Technical College in Copenhagen.

The weak bricks were Moler bricks (M-bricks), made by burning a Danish argillaceous earth called "Moler", which consists of clay and the silicious skeletons of diatoms. The strong bricks were ordinary bricks (F-bricks). Both types of bricks were made by string pressing.

Cylinders bored from the bricks had a compressive strength of 84.8 kg/sq.cm and 582 kg/sq.cm, respectively, the strength ratio thus being 1 : 7.

Besides the alternating-brick columns illustrated in Figs. 20 and 21, columns made up exclusively of M-bricks or F-bricks were built.

Every second column was built of bricks set in lime mortar, while for the rest a strong cement mortar was used.

After 20 weeks' hardening, the strengths of the columns were found to be as follows:

	S_M	S_F	S_{BI} (Fig. 20)	S_{BI} (Fig. 21)	
Lime mortar	31.3	77.0	41.6	43.1	kg/sq.cm.
Cement mortar	53.5	246	60.3	65.2	»

As will be seen, the bond in Fig. 20 has resulted in a strength somewhat lower than that brought about by the bond in Fig. 21.

Comparing the strength of the column in Fig. 21 with those of the uniform columns and with the mean value (S_{middel}) of these strengths, viz. $\frac{1}{2}(S_M + S_F)$, we find (page 79):

$$\begin{aligned} \text{Lime mortar: } S_{BI} &= 1.38 S_M = 0.56 S_F = 0.80 S_{\text{middel}} \\ \text{Cement mortar: } S_{BI} &= 1.22 S_M = 0.27 S_F = 0.44 S_{\text{middel}} \end{aligned}$$

As these values hold only for the experimental bricks the column strengths of which had the following ratios:

$$\text{Lime mortar: } \frac{S_M}{S_F} = \frac{31.3}{77.0} = 0.41 \quad \text{Cement mortar: } \frac{S_M}{S_F} = \frac{53.5}{246} = 0.22,$$

hypothetical formulas for $S_{BI} : S_{\text{middel}}$ were set up, valid for arbitrary

values of $S_M : S_F$, and, after some minor corrections, they led to the graph shown in Fig. 36. Corresponding curves for $S_{BI} : S_F$ (Fig. 37) and $S_{BI} : S_M$ (Fig. 38) are derived automatically from the former ones. The curves lead to very simple formulas for S_{BI} (page 85):

$$\begin{aligned} \text{Lime mortar: } S_{BI} &= S_{\text{middel}} \text{ when } S_M : S_F > 0.55, \text{ and otherwise} \\ S_{BI} &= 1.38 S_M. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cement mortar: } S_{BI} &= S_{\text{middel}} \text{ when } S_M : S_F > 0.68, \text{ and otherwise} \\ S_{BI} &= 1.22 S_M. \end{aligned}$$

If the strengths S_M and S_F of the uniform columns are not known, but only that of the bricks S_{st} , the column strengths may be measured on Fig. 35 (page 77) or be computed by the formulas (2) and (3) on page 78, where the strength of the cement mortar column is designated by S_{pCm} and that of the lime mortar column by S_{pKm} .

In spite of the weak experimental basis for the curves in Figs. 36, 37 and 38 — one point only of each curve was determined experimentally — these curves look very reliable; at any rate they offer some guidance so long as more comprehensive experiments have not yet been carried out. In such experiments, bricks of three strength groups should be used; it will then be possible to get three values for $S_M : S_F$ and, accordingly, three points in each curve.

If the curves in Fig. 36 are correct for the bricks used, they must be assumed to hold also for stronger bricks with the same value of $S_M : S_F$ (page 85).

The strength ratios between the weakest and the strongest cylinder were $74.5 : 103 = 0.72$ for the M-bricks and $485 : 700 = 0.69$ for the F-bricks, i. e. nearly the same. Whether other curves would have been found if the ratio had been 1, is impossible to tell, but the considerations made do not seem to indicate that this would be the case (page 86).

The experimental bricks were investigated thoroughly, for instance with a view to compressive elasticity, whereby the modulus of elasticity proved to be essentially greater when the compression was applied at right angles to the bearing surface than when applied in the longitudinal direction of the brick; in the latter case it was particularly small in the quarter-points of the brick (Fig. 17).

In compressive elasticity experiments with water-soaked Moler brick cylinders the velocity of loading had great influence on the size of the shortening; not only the permanent shortening but also the elastic one developed very sluggishly. The cause may be that the pore water in these highly porous and fine-pored bricks has a stiffening effect against a compression of short duration.

The water content of the experimental columns was determined and, likewise, its distribution over bricks and mortar, outer zone and core (page 43); besides, the way of fracture of the columns was analysed very thoroughly (pages 93—102).

The paper is divided in two main parts, Part II dealing, among other things, with the investigations mentioned above.

In Part I some preliminary investigations on the uniformity of ordinary bricks are accounted for. For a comprehensive research work, not yet completed, on the strength of exterior walls with ordinary bricks on the outside and Moler bricks on the inside, bricks with little strength variation were required, and bricks from different brickworks were therefore examined for compressive strength, density, sound, and hardness. The relation between these properties appears from Figs. 1—6:

Fig. 1 shows the strength as a function of the density.

» 2	»	»	density	»	»	»	»	»	»	»	brick length.
» 3	»	»	strength	»	»	»	»	»	»	»	»
» 4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	sonority.
» 5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	ball pressure hardness.
» 6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	drilling hardness.

The simplest procedure when it is desired to secure bricks of fairly uniform strength for experiments, is to measure the length of the bricks supplied and leave out the shortest and the longest. It is an assumption, however, that the bricks are made from the same clay and with the same mouthpiece on the press.

LITTERATURLISTE

- L1 *Suenson, E.*: Byggematerialer IV, København 1911.
- L2 *Glanville, W. H. & Barnett, P. W.*: Mechanical Properties of Bricks and Brickwork Masonry (Department of Scientific and Industrial Research, Building Research, Special Report No. 22), London 1934.
- L3 *Suenson, E.*: Die Einwirkung von Salzsäure auf Ziegelsteinfassaden (Ingeniørvidenskabelige Skrifter A Nr. 40), København 1935.
- L4 *Royen, N.*: Ytter- och innerväggar av tegel och lättbetong (Byggnadsindustrin 1938, Nr. 7), Stockholm.
- L5 *Suenson, E.*: Byggematerialer III, København 1942.
- L6 *Hast, Nils*: Measuring Stresses and Deformations in Solid Materials, Stockholm 1943.
- L7 *Suenson, E. & Dührkop, H.*: Forsøg med Murværk af Molersten og almindelige Teglsten (Ingeniørvidenskabelige Skrifter 1944 Nr. 1), København.
- L8 *Suenson, E.*: Murværks Styrke (Dansk teknisk Tidsskrift 1945 Nr. 4 og 5), København.
- L9 *Suenson, E.*: Dansk hydraulisk Kalk og Hydratkalk (Ingeniørvidenskabelige Skrifter 1945 Nr. 4), København.
- L10 *Hast, Nils*: Materialfrågor inom husbyggnadstekniken, Stockholm 1948.
- L11 *Ekblad, Karl-Göran*: Tegel och murbruk samt murverk av massivtegel (Chalmers tekniska högskolas handlingar Nr. 84), Göteborg 1949.

Ingeniørvidenskabelige skrifter.

Udgivet af Akademiet for de tekniske Videnskaber
og Dansk Ingeniørforening.

1939.

1. *A. Howard Gron*: Raastoføkonomi og Dansk Naaletrædyrkning. (Pris kr. 1,00).
2. *H. Baggesgaard Rasmussen*: Medicinfabrikation i Danmark. (Pris kr. 1,00).
3. *A. H. M. Andreasen*: The fineness of solids and the technological importance of fineness. (Pris kr. 6,00).
4. *Jul. Hartmann*: The acoustic air-jet generator. (Pris kr. 15,00).

1940.

1. *H. P. Christensen*: Om Betydningen af et dansk Staal- og Valseværk og de tekniske og økonomiske Muligheder herfor. (Pris kr. 2,00).
2. *Søren Berg*: Studies on Particle-size Distribution. (Pris kr. 9,00).
3. *E. Suenson*: Staalsortens Indflydelse paa Jærnbetonbjælkers Styrke og Deformationer. (Pris kr. 4,00).
4. *I. A. Rømstad*: Zur Bemessung des doppelten Spundwandbauwerkes. (Pris kr. 7,50).
5. *P. O. Pedersen*: Lydtekniske Undersøgelser i Aarene 1935—40 i Den polytekniske Lærestalts Laboratorium for Telegrafi og Telefoni. (Pris kr. 6,00).

1941.

1. *K. A. Bondorff*: Gødningproblemet for dansk Landbrug. (Pris kr. 2,00).
2. *Holger Møllgaard*: Om Folkeernæring. (Pris kr. 3,00).
3. *Kj. Prytz*: The Padding Condenser. (Pris kr. 6,00).

1942.

1. *Jul. Hartmann* in cooperation with *K. Agersted* and *Freimut Lazarus*: Atomization. (Pris kr. 4,00).
2. *K. Erik Jensen*: Om Spildevandsrensning særlig med Henblik paa Danmark i de senere Aar. Mit einer Zusammenfassung. (Pris kr. 3,00).
3. *Chr. Ostenfeld*: Forsøg med Pæle ved Aggersundbroen og ved Langenæstunnelen. Avec un résumé. (Pris kr. 9,00).
4. *Walter Engel & Niels Engel*: Die praktische Anwendung des Schmelzspiegel Verfahrens zur Eisen- und Stahlerzeugung. (Pris kr. 6,00).

1943.

1. *E. Bramslev*: Die Absorptionsgeschwindigkeit des Wasserdampfes in Calciumchlorid-lösungen. (Pris kr. 3,00).
2. *Anker Engelund*: Broen over Ulvsund, Dronning Alexandrines Bro. With an english summary. (Pris kr. 6,00).
3. *Fr. Jahnsen*: Indhaling af uarmerede Telefonkabler i Cementrørledninger. With an english summary. (Pris kr. 7,50).
4. *H. Stevnius-Nielsen*: On the modern Chemistry of the Manufacture of Superphosphate. (Pris kr. 2,00).
5. *H. Stevnius-Nielsen*: Some Recent Developments in the Chemistry of the Manufacture of Sulphuric Acid (The Nitration Process). (Pris kr. 3,00).

1944.

1. *E. Suenson og H. Dührkop*: Forsøg med murværk af molersten og almindelige teglsten. (Pris kr. 4,50).
2. *Jul. Hartmann og L. Logstrup Jensen*: The large capacity Jet-wave commutator I. (Pris kr. 12,00).
3. *N. J. Nielsen*: Skævvinklede plader. (Pris kr. 4,50).
4. *Kj. Prytz*: The Padding Condenser (Pris Kr. 1,50).
5. *Fritz Ingerslev and A. Kjerbye Nielsen*: On the transmission of sound through small apertures and narrow slits. (Pris kr. 4,50).

1945.

1. *Per Brüel*: Røremetodens Anvendelse i Akustiken. (Pris kr. 10,00).
2. *V. Thorsen*: Bidrag til Koblingssvingningernes Teori. (Pris kr. 4,50).
3. *T. Grenness*: Om syntetisk Gummi m. m. (Pris kr. 3,00).
4. *E. Suenson*: Dansk hydraulisk Kalk og Hydratkalk. (Pris kr. 4,50).
5. *H. Lundgren*: Stabilitetsforsøg med cylindriske Jernbetonskaller. (Pris kr. 6,00).

1946.

1. *Jul. Hartmann and L. Logstrup Jensen*: The Large Capacity Jet-Wave Commutator. (Pris kr. 12,00). (Endnu ikke udsendt).
2. *E. Suenson*: Vanddamps Diffusion i Vægge og Rørkapper. (Pris kr. 6,00).
3. *E. Brockmeyer*: A. K. Erlang. (Pris kr. 1,50).

1947.

1. *Bent Gehlshøj*: Electromechanical and Electroacoustical Analogies and their use in computations and Diagrams of Oscillating Systems. (Pris kr. 12,00).
2. *Fritz Ingerslev og A. Kjerbye Nielsen*: Lydteknisk Laboratoriums Arbejde 1941—1946. (Pris kr. 10,50).
3. *Jørgen Fakstorp*: Acidic Hydrolysis of Plant Residues. Studies on the Saccharification of Agricultural Wastes. (Pris kr. 3,00).

1948.

1. *H. Baggesgaard Rasmussen, G. Bjerreso, T. W. Böcher og Kjeld Ilver*: Rørsumpvegetationen i Danmark. Dens Sammensætning, forekommende Stoffer og Mulighederne for disses Udnyttelse med særlig Henblik paa Produktionen af Cellulose. (Pris kr. 9,00).
2. *Jul. Hartmann and Tage Mortensen*: A Comparison of the Rayleigh Disk- and the Acoustic Radiometer Methods for the Measurement of Sound Wave Energy. (Pris kr. 7,50).
3. *Frants Bergh*: Formation of Ice in Tissues in Foods. Freezing (Pris kr. 4,50).
4. *K. Prytz*: Landbrugsmeteorologiske Korrelationsundersøgelser. (Pris kr. 9,00).

1949.

1. *J. Vagn Christensen*: Overkog i Dampkedler. (Pris kr. 7,50).

1950.

1. *G. Weber*: Some Investigations on The Illumination of Photographic Darkrooms. (Pris kr. 15,00).
2. *Absalon Larsen*: Telegrafonen og den trådløse og opfinderparret Valdemar Poulsen og P. O. Pedersen (Teknisk forlag. Pris kr. 28,00).
3. *Chr. Broen Christensen*: Geostatic Investigations with Especial Reference to Embankment Sections. (Pris kr. 9,00)).
4. *Knud Hansen*: Flyveaskeudskillere og nogle dermed forbundne problemer. (Pris kr. 12,00).

1951.

1. *E. Suenson*: Teglstens-Pillers Trykstyrke og Sammentrykkelighed. (Pris kr. 9,00).

A. T. S. Transactions
of the Danish Academy of Technical Sciences.

A. T. S.

Udgivet af Akademiet for de tekniske Videnskaber.

1946.

1. *R. W. Asmussen and L. T. Muus*: Studies on the Equilibria in the Bleach Liquor Part I. The Activity Constant of Hypochlorous Acid and the Variation of the Acidity Constant with the Ionic Strength. The Danish Institute of Textile Research No. 1. (Pris kr. 3,00).
2. *Bent Buchmann-Olsen*: Absorption Measurements on Scattering Media. The Danish Institute of Textile Research No. 2. (Pris kr. 3,00).

1947.

1. *Fritz Ingerslev and Walter Frobenius*: Some Measurements of the End-Corrections and Acoustic Spectra of cylindrical open Flue Organ Pipes. The Acoustical Laboratory of the Academy of Technical Sciences No. 3. (Pris kr. 7,50).
2. *E. Hoff-Jørgensen and V. Porsdal*: On the Phytase Activity in Rye Flour and the Phytate Content of Rye Bread. (Pris kr. 4,50).
3. *Hugo Raben*: Vertical Centre of Gravity of Ships' Steel Hulls. (Pris kr. 4,50).
4. *F. C. Becker and N. F. Bisgaard*: Analysis of Technical Problems involved in Heating of Buildings. (kr. 12,00).
5. *R. W. Asmussen and Frode Andersen*: Studies on the elasticity of Cellulose Fibers I. (Pris kr. 6,00).
6. *Frode Andersen*: Studies on the elasticity of Cellulose Fibers II. (Pris kr. 3,00).

1948.

1. *Haldor Topsøe and Anders Nielsen*: The Action of Vanadium Catalysts in the Sulfur Trioxide Synthesis. A New Procedure for Sulfuric Acid Manufacture by the Contact Process. (Pris kr. 4,50).
2. *E. Brockmeyer, H. L. Halstrom and Arne Jensen*: The Life and Works of A. K. Erlang. (Pris kr. 15,00).
3. *A. Mose-Christensen, Aage Kristjansen and A. C. Kjær*: Investigations into Stray Currents in Underground Structures and Experiments with Cathodic Protection of the Heating Pipe System of Copenhagen. (Pris kr. 9,00).
4. *R. W. Asmussen og B. Buchmann-Olsen*: Investigations on Tensile Strength Losses Produced in Nylon Yarns by Irradiation. (Pris kr. 4,50).
5. *R. W. Asmussen og B. Buchmann-Olsen*: A Note on The Absolute Manometer. (Pris kr. 3,00).
6. *B. Buchmann-Olsen*: A Description of a New Method for The Calibration of Objective Tricolorimeters. (Pris kr. 4,50).
7. *E. K. Henriksen*: Residual Stresses in Machined Surfaces. (Pris kr. 9,00).

1949.

1. *R. E. H. Rasmussen*: Experiments on flow with cavitation in water mixed with air. (Pris kr. 7,50).
2. *Hans Lottrup Knudsen*: Perturbation of the boundaries of special types of electromagnetic cavity resonators. (Pris kr. 4,50).

3. *Hans Lottrup Knudsen*: On the electron dynamics in a one stage linear accelerator with periodically varying field. (Pris kr. 7,50).
4. *A. H. M. Andreasen* and *P. Gravesen*: Preliminary Report on Investigations of Atmospheric Pollution (Pris kr. 7,50).
5. *H. Kromann Kristensen*: Life Tests for Direct Current Capacitors. (Pris kr. 6,00).
6. *H. Kromann Kristensen*: Corrosion and Breakdown in direct Current Capacitors. (Pris kr. 4,50).
7. *Jens Jensen*: Studies on the Application of Starch in Textile Processes. Part I. Characteristics of Fat Emulsions in Starch Pastes. (Pris kr. 3,00).
8. *Jens Jensen*: Studies on the Application of Starch in Textile Processes. Part II. The Adhesiveness of Starch Pastes. (Pris kr. 3,00).
9. *R. W. Asmussen & B. Buchmann-Olsen*: On the Definition and Measurement of Whiteness. (Pris kr. 4,50).
10. *A. Kjerbye Nielsen*: Acoustic Resonators of Circular Cross-Section and with Axial Symmetry. (Pris kr. 7,50).

1950.

1. *Henning P. Hansen*: Investigations on Virus-Yellows of Beets in Denmark. (Pris kr. 7,50).
2. *H. Lottrup Knudsen*: Solution of a System of Linear Equations with a slightly Unsymmetrical Matrix by Using a Network Analyzer. (Pris kr. 3,00).
3. *Frode Andersen*: Studies on the Mechanical Properties of Cellulose Fibres in Relation to the Internal Structure. (Pris kr. 7,50).
4. *B. Buchmann-Olsen*: The Objective Measurement of Colour and Colour Changes. (Pris kr. 12,00).
5. *R. W. Asmussen, Frode Andersen and B. Krawack*: The Influence of Solutions of Salts on the Elastic Properties of Cellulose Fibers. (Pris kr. 3,00).
6. *Viggo A. Kjær*: Wearing Tests on Materials for Cylinder Liners in Marine Engines. (Pris kr. 6,00).
7. *Tage Carlsen*: On the Christiansen Filter and a Modification thereof. (Pris kr. 3,00).
8. *H. Lottrup Knudsen*: The Field Radiated by Circular and Square, Helical Beam Antennas. (Pris kr. 6,00).
9. *Ernst Hellmers*: Angular Leaf Spot of Cucumbers in Denmark. (Pris kr. 9,00).

1951.

1. *Niels Holm Johannesen*: Ejector Theory and Experiments. (Pris kr. 18,00).
2. *L. T. Muus, Ib Refn and R. W. Asmussen*: Studies on the Equilibria in the Bleach Liquor. (I tryk).
3. *Frank Engelund*: Mathematical Discussion of Drainage Problems. (Kr. 7,50).