

Cementrørs syrefasthed. Beretning afgivet af et af Dansk Ingeniørforening nedsat udvalg for undersøgelse af cememtrørs vandtæthed og syrefasthed

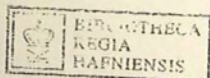
E. Suenson

Tidsskrifter

Ingeniørvidenskabelige Skrifter B. nr. 15, 1935

1935

CEMENTRØRS SYREFASTHED



DET KONGELIGE BIBLIOTEK



490 955 819 6

INGENIØRVIDENSKABELIGE SKRIFTER

B Nr. 15

CEMENTRØRS SYREFASTHED

BERETNING

AFGIVET AF ET AF DANSK INGENIØRFORENING NEDSAT
UDVALG FOR UNDERSØGELSE AF CEMENTRØRS
VANDTÆTHED OG SYREFASTHED

VED

E. SUENSON

UDVALGETS FORMAND

ENGLISH SUMMARY
SOMMAIRE EN FRANÇAIS
ZUSAMMENFASSUNG IN DEUTSCH



DANSK INGENIØRFORENING

I KOMMISSION HOS G. E. C. GAD · VIMMELSKAFTET 32

KØBENHAVN

1935

INDHOLD

	Side
I. Indledning	1
II. Oplysninger om danske Cementrørs Holdbarhed	3
III. Vands tærende Indvirkning paa hærdnet Cement	9
A. Kalkforbindelsernes Opløselighed	9
B. Kulsyreformer i Vand	10
IV. Forsøg med Rør udsat for kulsyreholdigt Vand	13
A. Forsøgsrørens Fremstilling og Prøvning	15
1. Oversigt over Forsøgsrørene	15
2. Materialerne	15
3. Forsøgsrørens Fremstilling	16
4. Forsøgsrørens Rumvægt	18
5. Forsøgsrørens Opstilling	19
6. Kulsyrens Indførelse i Vandet	23
7. Forsøgsvandets Kulsyreindhold	25
8. Bedømmelse af Rørens Tæthed og Holdbarhed	25
B. Forsøgsrækkerne	28
1. Portlandcementrør	28
a. Rør af Mørtel 1:2	28
Oversigt over Forsøgsrækken	28
Mørtel med 8, 9 og 10 % Vand	29
Mørtel med 9,2 % Vand	36
Mørtel med 9,5 og 10 % Vand	39
Mørtel med 10 % Vand	40
b. Rør af Mørtel 1:1½	41
c. Oversigt over Forsøgsresultaterne	47
2. Molerementrør	50
a. Forsøgsbeskrivelse	50
b. Oversigt over Forsøgsresultaterne	57
3. Imprægnerede Portlandcementrør	57
a. Rør af Mørtel 1:4 trykimprægneret med Asfalt	57
Oversigt over Forsøgsrækken	57
Rør imprægnerede under forskellige Tryk	58
Rør imprægnerede med forskellige Asfaltsorter	64
b. Rør af Mørtel 1:5 dyppet i eller strøget med Tjære	72
c. Oversigt over Forsøgsresultaterne	80

J. Jørgensen & Co.

Universitetsbiblioteket
København.

	Side
V. Forsøg med Mørtelstænger	83
A. Indledning	85
B. Orienterende Styrkeforsøg med tørstøbte og vaadstøbte Portlandcementmørtler	86
1. Cementmængdens, Vandmængdens og den primære Lagrings Indflydelse ..	86
a. Forsøgenes Udførelse	86
b. Forsøgsresultater	89
c. Oversigt over Forsøgsresultaterne	100
2. Betydningen af, om Mørtlerne fremstilles af fugtigt eller af tørt Sand ...	102
C. Portlandcementmørtels Styrketab ved Nedlægning i Vand eller Syre	104
1. Forsøgenes Udførelse	104
2. Forsøgsresultater	106
3. Oversigt over Forsøgsresultaterne	109
D. Syrefasthedsforsøg med Portland-, Velo- og Moler cement	110
1. Indledning	110
2. Mælkesyreforsøg	112
a. Forsøgenes Udførelse	112
b. Forsøgsresultater for vandlagrede Stænger	114
Rumvægte	114
Brudfladernes Udseende	115
Styrketallene	115
Oversigt over Forsøgsresultaterne	126
c. Forsøgsresultater for mælkesyrelagrede Stænger	128
Brudfladernes Udseende	128
Styrketallene	128
Oversigt over Forsøgsresultaterne	136
3. Kulsyre forsøg	138
a. Forsøgenes Udførelse	138
b. Forsøgsresultater for vandlagrede Stænger	139
Brudfladernes Udseende	139
Styrketallene	139
Oversigt over Forsøgsresultaterne	145
c. Forsøgsresultater for kulsyrelagrede Stænger	146
Brudfladernes Udseende	146
Styrketallene	146
Oversigt over Forsøgsresultaterne	151
4. Sammenfattende Oversigt over P-, V- og M-Mørtlers Syrefasthed	152
E. Syrefasthedsforsøg med imprægneret Portlandcementmørtel	153
1. Portlandcementmørtel imprægneret med Tjære eller Asfalt	153
a. Indledning	153
b. Tørstøbt Mørtel	154
α. Tjæreimprægnerede Stænger af Mørtel 1:3	154
Forsøgenes Udførelse	154
Stængernes Tilstand ved Prøvningen	156
Styrketallene	158
Oversigt	162
β. Asfaltimprægnerede Stænger af Mørtel 1:4	164
Forsøgenes Udførelse	164
Forsøgsresultater	166
Oversigt	169

	Side
c. Vaadstøbt Mørtel, Tjære- og asfaltimprægnerede Stænger af Mørtel 1:3 ..	171
Forsøgenes Udførelse	171
Stængernes Tilstand ved Prøvningen	174
Styrketallene	175
Oversigt	179
d. Sammenfattende Oversigt	180
2. Portlandcementmørtel imprægneret med Vandglas	182
a. Indledning	182
b. Forsøgenes Udførelse	183
c. Forsøgsresultater	183
d. Oversigt over Forsøgsresultaterne	192
3. Portlandcementmørtel med Sæbetilsætning	193
a. Indledning	193
b. Forsøg med konstant Forhold $\frac{\text{Vægtmængde Vand}}{\text{Vægtmængde Sæbe}}$	193
c. Forsøg med konstant Forhold $\frac{\text{Vægtmængde Cement}}{\text{Vægtmængde Sæbe}}$	200
d. Oversigt over Forsøgsresultaterne	206
VI. Fejlkilder ved Vandtæthedsforsøg med rørformede Prøvelegemer	209
A. Mulige Aarsager til Strømstyrkens Variationer under konstant Tryk	211
B. Strømstyrkens Variation paa Grund af varierende Luftindhold i Vandet	212
C. Strømstyrkens Variation i Løbet af Døgnet	215
D. Luftuddrivning og Filtervirkning paavist ved Forsøg med sandfyldte Glasrør ..	218
E. Filtervirkning paavist ved Forsøg med Cementrør udsat skiftevis for indven-	220
digt og for udvendigt Vandtryk	223
F. Vandbevægelse gennem tilsyneladende tætte Rørvægge	226
VII. Hoved-Oversigt	231
<i>English summary</i>	237
<i>Sommaire en français</i>	243
<i>Zusammenfassung in deutsch</i>	243
Nyere Litteratur omhandlende Cementmørtels Tæthed og Syrefasthed	249

I. INDLEDNING.

Efter at Dansk Ingeniørforenings Normer for Cementvarer var blevet udarbejdede i Aarene 1924—26 af et Udvalgt, hvis Medlemmer valgtes af Dansk Ingeniørforening og af Foreningen Dansk Cementvareindustri, stillede sidstnævnte Forenings Repræsentanter i Udvalget Forslag om, at dette forblev samlet og gik i Gang med at undersøge Cementrørs Vandtæthed og Syrefasthed.

Dansk Ingeniørforenings Bestyrelse tog, under Ingeniør Holger Neergaards Formandskab, Opfordringen til Følge og skaffede 5000 Kr. til Forsøgenes Udførelse. Beløbet fremkom ved Tilskud fra:

Handelsministeriet.
A/S De danske Cementfabriker.
Foreningen Dansk Cementvareindustri.
Dansk Ingeniørforening.

Samtidig (Marts 1928) blev Udvalget udvidet med de i nedenstaaende Liste med * betegnede Medlemmer, hvorved Udvalget fik følgende S sammensætning:

Fabrikant *A. Bach*, Vejle.
» *C. Bach*, Brovst.
» *P. Bejerholm*, Faaborg.
» *V. Christoffersen*, København.
» *M. Jørgensen*, Slagelse.

Afdelingsingeniør *B. C. Hültemeier*, København.

» *A. E. Lund*, København.

* » *I. Löventhal*, København.

*Professor *J. Munch-Petersen*, København.

Ingeniør *E. Petri*, København.

Professor *E. Suenson*, København.

Udvalget besluttede først at fuldføre og bearbejde en Række Forsøg over Cementrørs Vandtæthed, som forud var foretagne i *Laboratoriet for Byggeteknik*. Disse Forsøg blev i Aaret 1930 offentliggjort under Titlen: *Cementrørs Vandtæthed* i Ingeniørvidenskabelige Skrifter B, Hefte Nr. 3.

De Arbejder, Udvalget derefter har udført, er nævnt nedenfor med en Henvisning til de Steder i Beretningen, hvor Oversigten over det paagældende Arbejdes Resultater findes.

De vigtigste Resultater er meddelt i Hovedoversigten Side 226.

	Oversigt
(A) Indsamling af Oplysninger vedrørende danske Cementrørs Holdbarhed.....	Side 4
(B) Forsøg over kulsyreholdigt Vands Indvirkning paa	
1. Portlandcementrør af Mørtel 1:2 og 1:1 $\frac{1}{2}$	» 47
2. Molercementrør af Mørtel 1:2.....	» 57
3. Portlandcementrør af Mørtel 1:4 og 1:5 imprægneret med Asfalt eller Tjære.....	» 80
(C) Styrkeforsøg med Portlandcementmørtelstænger til Bestemmelse af Cementmængdens, Støbevandsmængdens, Lagringsmaadens og Lagringstidens Indflydelse paa Styrken.....	» 100
(D) Orienterende Syrefasthedsforsøg med Portlandcementmørtelstænger.....	» 109
(E) Syrefasthedsforsøg med Portland-, Velo- og Molercementmørtelstænger.....	» 152
(F) Syrefasthedsforsøg med Portlandcementmørtelstænger imprægnerede med	
1. Tjære eller Asfalt.....	» 180
2. Vandglas.....	» 192
3. Sæbe.....	» 206
(G) Vandtæthedsforsøg i Tilslutning til de tidligere offentliggjorte.	

Ialt fremstilledes og undersøgte 82 Rør og 898 Stænger.

Forsøgene udførtes i *Laboratoriet for Byggeteknik* og lededes af Ingeniør *H. Dührkop*, der ogsaa har medvirket ved Bearbejdelsen af Forsøgsmaterialet.

II. OPLYSNINGER OM DANSKE CEMENTRØRS HOLDBARHED.

I Maj 1928 indrykkedes i forskellige Fagblade Meddelelse om Udvalgets Nedsættelse, samt det nedenfor sammen med Uddrag af Besvarelserne gengivne Spørgeskema.

Der modtoges Besvarelser fra nedennævnte Cementvarefabrikanter og Ingeniører:

1. Fabrikant *A. Bach*, Vejle.
2. » *C. Bach*, Brovst.
3. » *P. A. Frederiksen*, Ringsted.
4. » *I. C. Halvorsen*, Aarhus.
5. » *H. Hougaard*, Korinth.
6. » *M. Jensen*, Svendborg.
7. » *O. K. Nielsen*, Skjern.
8. Ingeniørfirmaet *Christiani & Nielsen*.
9. Ingeniør *M. Frandsen*, København.
10. fhv. Distriktsingeniør *A. Poulsen*, København.
11. Ingeniør *A. Riis*, Søllerød.
12. » *H. Fr. Bay-Hansen*, Kalundborg.

Efter Besvarelserne at dømme er Ødelæggelse af Cementrør ved kemiske Angreb ret sjælden i Danmark.

De fleste Tilfælde af Ødelæggelser paa Rør er meddelt fra Vestjylland, hvilket er i Overensstemmelse med, at Grundvandet Vest for den jyske Højde ryg samt i Vendsyssel er særlig rigt paa aggressiv Kulsyre¹⁾.

Nedenfor gengives de enkelte Spørgsmaal med Uddrag af Besvarelserne. Tallene i () angiver Indsendernes Nummer i foranstaaende Fortegnelse.

¹⁾ Se *Pape*: Bedømmelse af Vand og Apparater til Rensning af Vand, »Dansk Mejeristat« 1931 (Hovedbindet).

Spørgsmaal 1. Hvilke Tilfælde af kemiske Angreb paa Cement- og Betonrør (armerede og uarmerede) er Dem bekendt?

Ødelæggelser paa Sjælland:

(9) En Kloakledning i Espergærde, lagt af Cementrør 1910, fandtes 1924 stærkt angrebet udefra af Humussyre. Rørene var fremstillede paa Tromle, luftlagrede og holdt vaade i den første Tid.



Fig. 1. Cementrør (20 cm) med Kalkudskillelser.

(12) Nogle Rør, der ikke tilfredsstillede de i »Normer for Cementvarer« 1927 indførte Betingelser for Vandtæthed, anvendtes i Kalundborg til en Afvandsledning lagt i meget vandførende Jordlag. Efter ca. 2 Maaneders Forløb toges Rørene op, og de havde da meget kraftige Kalkudskillelser paa Indersiden; langs den øverste Frembringer fandtes Udskillelserne i Form af indtil $1\frac{1}{2}$ cm lange »Drypsten«, og ellers fandtes de i Form af Striber vinkelret paa Frembringerne. Rørene var tørstøbte og luftlagrede. Fig. 1 er et Fotografi af et saadant Rør. Man ser Kalkstriberne paa Indersiden og Rester af Drypsten langs øverste Frembringer.

Kalkstriberne forløb paa en saadan Maade, at de ikke kunde sættes i Forbindelse med utætte Støbeskel, og Stribernes og Drypstenenes Opstaaen har formentlig følgende Forklaring. Ved Nédlægningen i de vandførende Jordlag har Rørene været saa utætte, at Vandet er piblet ind gennem Rørvæggen overalt og mest forneden, hvor Vandtrykket var størst. I den nedre Del er det indtrængende Vand blevet ført bort af Vandstrømmen i Ledningen, i den øvre Del har det dannet Draaber paa Rørvæggen, og disse Draaber er derefter, naar de er blevet store nok, løbet ned ad Væggen eller — hvis de har dannet sig øverst, hvor Væggen er vandret — faldet ned, og senere tilkommende Vand har fortrinsvis fulgt samme Baner, saaledes at de dannede Vandfurer eller Drypsteder har været vandførende, saa længe Røret har været utæt, mens de tilstødende Dele af Rørvæggen har været forholdsvis tørre. Da Vandet paa sin Vej gennem Mørtlen har optaget Kalciumhydroksyd, udskilles der Kalciumkarbonat, hvor Vandet kommer i Forbindelse med kulsyreholdig Luft. Derfor er Vandfurerne blevet overtrukket med en hvid Skal af Karbonat, og derfor dannes de omtalte Drypsten.

Ødelæggelser paa Fyn:

(6) Ved Svendborg blev Rør, der var fremstillede i Blandingsforholdet 1 : 3 og nedlagt i moseagtig Jord, efter et Par Aars Forløb saa møre, at man kunde stikke Fingrene igennem dem. Andre Rør 1 : 3, der førte varmt Spildevand, revnede, blev hvide og smuldrede hen. Der nævnes desuden Ødelæggelse af Rør, som førte Valle eller Ajle. Disse Skader skete omkring 1903. I 1928 fandtes en Drænledning, fremstillet af Cementmørtel 1 : 4, delvis beskadiget paa en Strækning i sur Jord. Samtlige ovennævnte Rør var haandstampede og luftlagrede, dog vandede i de første 8 Dage.

I eet Tilfælde blev det ved Opgravning konstateret, at Cementrør i vandfyldt, moseagtig Jord holdt sig godt.

Et tørstøbt, stampet Betonrør anvendt til Aftræk for en Kakkelovn blev stærkt beskadiget paa den Del, der førte gennem Taget.

Ødelæggelser i Jylland:

(7) En 9" Ledning 1 : 3 i Skjern lagt dels i Sandbund, dels i blaa-lig, klægagtig Jordbund blev i 1927 fundet ødelagt 13 Aar efter Lægningen. Angrebet skete paa Yderfladen; Rørene var tørstøbte og luftlagrede.

(10) 1911 blev en Ledning, som førte 12 à 14 $\frac{0}{10}$ ig Kogsaltopløsning, ødelagt paa 1 Aar.

En Ledning lagt i 1912 i en Mose ved Gram blev ødelagt paa mindre end 1 Aar. Rørene var fra et anerkendt godt Støberi ¹⁾.

¹⁾ Ingeniøren 1914 S. 298—99.

En Ledning lagt af 9" haandstøbte Cementrør ved Vemb Station blev ødelagt paa 2 Aar. Ledningen laa i moseagtig Eng. Angrebet kom udefra og skete navnlig i Stampefladerne. Rørene var fra et anerkendt godt Støberi¹⁾.

Ved Ringkøbing Stationsplads blev en Ledning, der laa i rent, hvidt Flydesand, ødelagt paa 2 Aar¹⁾.

Ved Brande Station blev en Ledning, der laa med stærkt Fald i tørveagtig Grund med Væld, ødelagt paa 2 Aar²⁾.

Hedeselskabet oplyser, at Undersøgelse af en Betonledning, som var ødelagt paa Oversiden og hensmuldret, viste, at Betonens Kalkindhold var væsentlig nedsat paa de angrebne Steder, samt at Grundvandet, hvor Ødelæggelsen fandt Sted, var meget kalkfattigt i Sammenligning med Grundvandet paa Ledningens uangrebne Strækning³⁾.

I Holstebro blev en i 1906 lagt Cementrørsledning i vandførende Bund fundet ødelagt og sammensunken efter 7 Aars Henliggen. En Overløbsledning sammesteds i vandførende Sand blev ødelagt i Løbet af 2½ Aar.

En Kloakledning i Vinderup lagt i 1902 i meget vandførende Sand blev ødelagt udvendig fra i Løbet af 7 Aar.

(1) En 9" Cementrørsledning til Afvanding af en Højpose i Kjærbølling fandtes efter 24 Aars Forløb ganske ubeskadiget. Rørene var Mufferør fremstillede i Blandingsforholdet 1 : 3 og haandstampede. En Ledning af Rør uden Muffe, Blandingsforhold 1 : 4½, til Afvanding af en Højpose i Nærheden af den ovennævnte var delvis ødelagt efter 16 Aars Forløb. Angrebet fandt Sted udvendig fra.

(2) En Kloakledning, der laa i klægagtigt Flydesand, fandtes sammensunken efter 11 Aars Forløb. Rørene var haandstampede og luftlagrede.

Spørgsmaal 2. Skete Angrebet paa Yderfladen eller paa Inderfladen?

Paa Yderfladen, med mindre Ledningen førte Valle, Ajle, stærk Kogsaltopløsning eller varmt Vand.

Spørgsmaal 3. Laa Rørene i Lerbund, Sandbund, Muldjord, eller hvorledes var Jordens Beskaffenhed?

De ødelagte Rør laa i 6 Tilfælde i vandførende Sand, i 4 Tilfælde i Mosejord eller moseagtig Eng og i de 4 resterende Tilfælde i sur, klægagtig eller tørveagtig Jord. Ingen af Besvarelserne omtaler Rør, der er ødelagte i ren Lerbund.

Spørgsmaal 4. Laa Rørene over eller under Grundvandet, og kan der i første Tilfælde siges noget om Jordens Tørhedsgrad?

Rørene laa i alle de Tilfælde, hvor Angrebet er sket ude fra, under eller i Grundvandsspejlet.

¹⁾ Ingeniøren 1914 S. 298—99. ²⁾ Ingeniøren 1916 S. 11. ³⁾ Ingeniøren 1916 S. 104.

Spørgsmaal 5. Kendes det angribende Stof?

Valle, Ajle, Kogsaltopløsning og varmt Vand har angrebet Rørenes Inderflader.

Det Grundvand, som har angrebet Yderfladerne, viste sig i eet Tilfælde meget kalkfattigt, i eet Tilfælde savnes nærmere Oplysninger, og i de øvrige Tilfælde menes det at have indeholdt Kul- eller Humussyre.

Spørgsmaal 6. Kendes Rørfabrikanten?

Besvarelserne gengives ikke.

Spørgsmaal 7. Kendes Mørtlens eller Betonens Blandingsforhold?

Blandingsforholdet har været 1 : 4½ og 1 : 4, i de fleste Tilfælde 1 : 3. Ødelæggelse af Rør af mere cementrige Mørtler er ikke omtalt i Besvarelserne.

Spørgsmaal 8. Var Rørene støbt tørt eller vaadt eller fremstillede paa Tromle?

Rørene var, saafremt der er opgivet noget herom, tørstøbte eller fremstillede paa Tromle. Ødelæggelse af vaadstøbte Rør er ikke omtalt i Besvarelserne.

Spørgsmaal 9. Hvorledes var Rørene behandlede efter Fremstillingen? Var de vandlagrede eller luftlagrede, og blev de i sidste Tilfælde holdt vaade i den første Tid?

Rørene har i de omtalte Tilfælde været luftlagrede og holdt vaade i den første Tid. Ødelæggelse af vandlagrede Rør er ikke omtalt i Besvarelserne.

Spørgsmaal 10. Var Rørene imprægnerede og med hvilket Stof?

Ødelæggelse af imprægnerede Rør ved kemiske Angreb er ikke omtalt i Besvarelserne.

Spørgsmaal 11. Har De Erfaringer m. H. t. imprægnerede Rørs Holdbarhed?

(4) Cementrør, fremstillede af Indsenderen, imprægnerede efter en af Fabrikant *H. Hougaard* (Indsender Nr. 5) patenteret Metode og anvendt af Hedeselskabet til Drænledninger, viste sig efter 7 Aars Forløb godt bevarede, medens uimprægnerede Rør under ganske samme Forhold blev stærkt angrebne i Løbet af kort Tid.

(1) Den bedste Isoleringsmasse er et Destillat af Benzin-Asfalt og en ikke for svær Tjæreolie, halvt af hver. Beg af Stenkulstjære er daarligt egnet, idet Begen udskiller sig ved Dypningen, bliver lang og uden Evne til at bide sig fast.

(5) Imprægnerede Rør, fremstillede af Indsenderen siden 1907 og anvendt f. Eks. til Spildevandsledninger, Kloakledninger og Dræn, har vist stor Holdbarhed og anvendes flere Steder, hvor man tidligere anvendte glaserede Lerrør.

(12) Af et Parti Rør, der ikke bestod de i »Normer for Cementvarer« 1927 indførte Betingelser for Vandtæthed, blev nogle imprægnerede paa nedennævnte Maade og derefter prøvet for Vandtæthed med nedennævnte Resultat (Rørene havde 20 cm Lysvidde, den till. Synkning er 13 cm).

To Rør imprægneret med Vandglas	viste $\frac{1}{2}$ og 1 cm	Synkning	
» » strøget	» Blackvarnish	» 4 » 15	»
» » ubehandlede	»	» 55 » 70	»

Imprægneringen med Vandglas skete ved en kortvarig Dypning i ufortyndet Handelsvare, hvis Vægtfylde var $1,34 \text{ g/cm}^3$. Imprægnering med 2 Maal Vandglas + 1 Maal Vand medførte ogsaa en kraftig Tæthedsforøgelse, medens 1 Maal Vandglas + 1 Maal Vand ikke gjorde Rørene tilstrækkelig tætte. Sandets Finhed mentes at være medvirkende Aarsag til disse Rørs Utæthed; dets Sammensætning angaves at være:

5—2 mm	10	VægtpCt.	} Styrkeindeks $\alpha = 181$.
2— $\frac{1}{2}$ »	44	»	
$\frac{1}{2}$ —0	46	»	

Spørgsmaal 12. Hvis De er Rørfabrikant og anvender Imprægnering, er De da villig til at give Oplysninger om Imprægneringsstoffet og Imprægneringsmaaden samt til at indsende en Stofprøve og eventuelt nogle imprægnerede Rør?

Dette Spørgsmaal besvaredes bekræftende af Indsenderne Nr. 1, 5 og 6.

Fra Ingeniørfirmaet *Christiani & Nielsen* modtoges Beretning om en Forsøgsrække udført paa Ingeniør *H. Henschiens* Laboratorium, Oslo, til Paavisning af, at Sika-Mørtler er mere syrefaste end almindelige Mørtler. Disse Forsøg blev udførte med Mørtelstænger fremstillede af Slemmestad-Cement og Sand i Vægtforholdet $\frac{P_c}{P_s} = \frac{1}{2,33}$. Stængerne stilledes i forskellige tærende Vædske, saaledes at disse naaede ca. $\frac{2}{3}$ op paa Stangen. Det fremgik af Forsøgene, at følgende Vædske havde en stærkt ødelæggende Virkning paa Cementmørtel:

- 2 % Natriumsulfatopløsning,
- 2 » Ammoniumsulfatopløsning,
- 2 » Calciumsulfatopløsning,
- 2 » Magniumsulfatopløsning,
- 2 » Kalialunopløsning,
- 5 » Eddikesyreopløsning,
- Tran,
- Hvalolie.

Følgende Vædske havde en svagere, men dog kendelig ødelæggende Virkning:

- 2 % Kobbarsulfatopløsning,
- 2 » Zinksulfatopløsning,
- Kulsyre vand.

III. VANDS TÆRENDE INDVIRKNING PAA HÆRDNET CEMENT.

A. Kalkforbindelsernes Opløselighed i kulsyre-frit og kulsyreholdigt Vand.

Naar Cementen ved Mørtelfremstillingen kommer i Forbindelse med Vand, sker der en Sønderdeling af dens Hovedbestanddel Trikalciumsilikatet, hvorved der frigøres Kalciumilte, som i Forbindelse med Vandet danner Kalciumhydroksyd. Hydroksydet kan efterhaanden, hvis det kommer i Berøring med Kulsyre, omdannes til Karbonat. Da disse Stoffer, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ og CaCO_3 , udgør en væsentlig Del af den hærtnede Cement, er deres Opløselighed af Betydning for Mørtlernes Holdbarhed i Vand.

De Oplysninger, man finder hos forskellige Forfattere om Opløseligheden, er ikke alle i Overensstemmelse med hinanden; i det følgende anføres nogle af de hyppigst opgivne Værdier for kulsyre-frit og kulsyreholdigt Vand af ca. 15°C .

Opløseligheden af CaCO_3 stiger stærkt med Vandets Kulsyreholdighed:

1 Liter kemisk rent Vand	opløser ca. 0,013 g CaCO_3	∞ 0,0073 g CaO
1 » Vand med 0,61 mg CO_2	» » 0,065 » »	∞ 0,0364 » »
1 » » » 1900 » »	» » 1,175 » »	∞ 0,66 » »

Kulsyreholdigt Vand, som Grundvand, kan derfor tære stærkt paa Mørtel, hvis Kalk findes i Form af CaCO_3 , medens kulsyre-frit Vand er ret uskadeligt for dette Stof.

Opløseligheden af $\text{Ca}(\text{OH})_2$ følger andre Love:

1 Liter kemisk rent Vand opløser ca. 1,4 g $\text{Ca}(\text{OH})_2 \infty$ 1,06 g CaO, altsaa over 100 Gange saa meget $\text{Ca}(\text{OH})_2$ som CaCO_3 , og kemisk rent Vand virker derfor overordentlig stærkt tærende paa Mørtler, hvis

Kalk findes i Form af Ca(OH)_2 . Kulsyreholdigt Vand virker ikke nær saa skadeligt. En Del af Kulsyren medgaar til at omdanne Ca(OH)_2 til CaCO_3 , som derefter opløses af den resterende Kulsyre, og selv meget kulsyrerigt Vand opløser mindre CaCO_3 , end kulsyrefrit Vand opløser af Ca(OH)_2 .

B. Kulsyreformer i Vand.

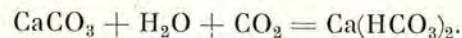
Vand kan opløse store Kulsyremængder.

Naar kemisk rent Vand henstilles under almindelige Tryk- og Temperaturforhold i almindelig atmosfærisk Luft, der indeholder $0,32 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2$ pr. Liter, vil Vandet optage $0,61 \text{ mg CO}_2$ pr. Liter. Henstilles Vandet under samme Forhold i en ren Kulsyre-atmosfære, vil det optage 1900 mg CO_2 pr. Liter svarende til 1 Liter Kulsyre pr. Liter Vand, og forøges Trykket, vil Optagelsen forøges omtrent proportionalt. Af den optagne Kulsyre gaar en ringe Brøkdelen i kemisk Forbindelse med Vandet under Dannelse af den egentlige Kulsyre H_2CO_3 , Resten findes uforandret i opløst Form. Al den Kulsyre, der findes i Vand, der iøvrigt er kemisk rent, kaldes **Fri Kulsyre**.

Kommer saadant kulsyreholdigt Vand i Forbindelse med Kalciumkarbonat, gaar dette i Opløsning paa een af følgende to Maader.

En Del gaar i Opløsning som CaCO_3 , altsaa uden at forandres kemisk (den spaltes dog i Kalciumioner Ca^{++} og Karbonationer CO_3^{--}), og denne Mængde, der — som tidligere nævnt — for kulsyrefrit Vand kun er ca. 13 mg CaCO_3 pr. Liter Vand, aftager, naar Vandets Indhold af fri Kulsyre vokser, og er derfor som Regel ubetydelig. Den i det saaledes opløste CaCO_3 værende Kulsyre kaldes **Karbonat-Kulsyre** eller Karbonation (CO_3^{--}).

En anden Del opløses, idet den af den frie Kulsyre omdannes til Bikarbonat:



Bikarbonatet kendes ikke i fast Form, det eksisterer kun opløst i kulsyreholdigt Vand. Den i Bikarbonatet værende Kulsyre kaldes **Bikarbonat-Kulsyre** eller Hydrokarbonation (HCO_3^-).

Saa vel Karbonat-Kulsyren som den Del af Bikarbonat-Kulsyren, der stammer fra CaCO_3 , kaldes **Bunden Kulsyre**, fordi den er bundet til Kalken og altid følges med denne, hvad enten Karbonatet er opløst eller udskiller sig. Den Del af Bikarbonat-Kulsyren, der stammer fra den fri Kulsyre, kaldes **Halvbunden Kulsyre**, fordi den ikke er fastere knyttet til Kalken, end at den kan uddrives, f. Eks. ved Kogning, idet der da samtidig udskilles CaCO_3 . Af Ligningen ovenfor ses, at Mæng-

derne af bunden og halvbunden Kulsyre er lige store, naar man ser bort fra Karbonat-Kulsyren, hvis Mængde altid er yderst ringe.

Den Kulsyre, som findes i Vandet foruden Karbonat- og Bikarbonat-kulsyren, og som er til Stede uforandret eller som H_2CO_3 , kaldes fri. Den kan dog i Almindelighed ikke fjernes fuldstændigt, uden at Vandet udskiller fast Kalciumkarbonat; Vandet maa altsaa indeholde en vis Mængde fri Kulsyre for at kunne holde den tilstedeværende Kalk i Opløsning som Bikarbonat, og denne Mængde kaldes **Tilhørende Kulsyre**.

Udsættes Vand, der er mættet med Bikarbonat, for et mindre Kulsyretryk end det, der herskede ved Bikarbonatets Dannelse, bortgaar en Del af denne tilhørende Kulsyre, hvorved der atter udfældes Kalciumkarbonat. Regnvandet, der ved at synke gennem Jordlag, hvori der foregaar Forraadnings- og Formuldningsprocesser, kan optage store Kulsyremængder, afgiver et Eksempel herpaa. Det er paa sin videre Vej gennem Jorden i Stand til at opløse en Del Kalk i Form af Bikarbonat, men kommer det atter ud i Luften, maa det afgive Kulsyre og derfor udskille Kalciumkarbonat. Der er intet fast Vægtforhold mellem Bikarbonatmængden og Mængden af Tilhørende Kulsyre; jo mere Bikarbonat, der er i Vandet, des mindre er Forholdet. Hvis Vandet ikke indeholder anden fri Kulsyre end denne, er det mættet med Kalciumkarbonat og kan ikke opløse mere af dette Stof.

Kun hvis Vandet indeholder et Overskud af Fri Kulsyre ud over den Tilhørende, er det aggressivt overfor Kalk. Vi vil kalde dette Overskud **Disponibel Kulsyre**. Saadant Vand opløser Kalciumkarbonat, idet en Del af den disponible Kulsyre bliver til halvbunden Bikarbonat-Kulsyre, medens Resten samtidig træder i Funktion som Tilhørende Kulsyre. Den førstnævnte Del kaldes **Aggressiv Kulsyre**.

Dennes Mængde findes ved at bestemme (1) Vandets totale Kulsyreindhold og (2) Vandets Alkalitet (ved at titrere Vandet med Saltsyre under Bortkogning af Kulsyre og Anvendelse af Metylrødt som Indikator). Af (2) kan man nemlig udregne Mængden af Bunden Kulsyre (hvis der ikke er andre Syrer i Vandet), og ved at multiplicere denne Mængde med 2 faar man meget nær Mængden af Bikarbonatkulsyre; ved at trække denne fra (1) faar man Mængden af fri Kulsyre og kan derefter ved et Diagram finde Mængden af aggressiv Kulsyre.

En noget afvigende Fremgangsmaade brugtes ved de foreliggende Forsøg (se Side 25).

En mere direkte Fremgangsmaade er at bringe Vandet i Berøring med et Overskud af fint pulveriseret Marmor; af den Mængde, der gaar i Opløsning, kan man da let udregne Mængden af aggressiv Kulsyre.

Denne Mængde er det bedste forhaandenværende Udtryk for Vandets

Aggressivitet, men den bestemmer kun hvor meget CaCO_3 , Vandet kan opløse, ikke Reaktionshastigheden; denne vokser med Vandets Blødhed, og blødt Vand er derfor skadeligere end haardt, naar Mængden af aggressiv Kulsyre er ens.

Kort sammenfattet kan Vandets Kulsyreindhold altsaa optræde i følgende Former:

- A. Karbonat-Kulsyre: Findes som opløst CaCO_3 og udgør en (meget ringe) Del af Vandets bundne Kulsyre.
- B. Bikarbonat-Kulsyre: Findes som opløst $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ og deles i:
 - 1. Bunden Kulsyre: Stammer fra CaCO_3 .
 - 2. Halvbunden Kulsyre: Stammer fra Vandet.
- C. Fri Kulsyre: Findes som CO_2 eller H_2CO_3 og deles i:
 - 1. Tilhørende Kulsyre: Holder $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ opløst.
 - 2. Disponibel Kulsyre: Kan fjernes, uden at der udfældes Kalciumkarbonat og deles i:
 - a. Aggressiv Kulsyre: Kan omdanne CaCO_3 til $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.
 - b. Tilhørende Kulsyre: Holder det dannede $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ opløst.

De tre Hovedformer A — C er stoffigt forskellige, idet de svarer til forskellige Molekylformer, og deres Mængde kan bestemmes ved passende kemiske Analyser.

Underafdelingerne er derimod ikke stoffigt forskellige, men for at holde Rede paa den paagældende Hovedforms Oprindelse eller Funktioner tænker man sig dens Molekyler delt i Grupper, hver med sin Oprindelse eller Funktion, mens man i Virkeligheden mener, at hvert enkelt Molekyle udfører sin Brøkdel af de forskellige Funktioner og altsaa er ligestillet med alle de øvrige.

IV. FORSØG MED RØR UDSAT FOR KULSYREHOLDIGT VAND.

A. FORSØGSRØRENE'S FREMSTILLING OG PRØVNING.

1. Oversigt over Forsøgsrørene.

Forsøgene udførtes med smaa Rør, 9 cm lange med 5 cm ydre Diameter og 1 cm Vægtykkelse. Rørene fremstilledes i Laboratoriet. Nedenfor gives en kort Oversigt over deres Fremstilling; Blandingsforholdet mellem Cement, Sand og Vand ($P_c : P_s : P_v$)⁶ er angivet efter Vægt.

Cementens Art	$P_c : P_s$	Mørtlens Vandprocent $\frac{P_v}{P_c + P_s} \cdot 100$	Lagringsmaade
Portland	1 : 1 $\frac{1}{2}$ og 1 : 2	varierende	1 Række vandlagrede 1 Række luftlagrede
Moler	1 : 2	„	1 Række vandlagrede 1 Række luftlagrede
Portland (imprægnerede Rør)	1 : 4	7,2	Kun luftlagrede
	1 : 5	8,0	Vand- ell. luftlagrede

2. Materialerne.

Cementen var enten Portlandcement fra Fabriken *Kongsdal* eller rød Moler cement indsendt af fhv. Distriktsingeniør *A. Poulsen* ved Firmaet *Petri & Haugsted*.

Sandet udsigtedes af Bakkegrus (af Laboratoriet mrk. M. 629) leveret af *Glostrup Cementvarefabrik* og angivet at stamme fra Hedehusene; den Del af Gruset, der ikke kunde passere en Sigte med 5 mm cirkulære Huller, anvendtes ikke. Resten deltes med en Sigte med 2 mm cirkulære Huller i 2 Fraktioner, der ved hver Mørtelblanding sammenvejedes i Vægtforholdet:

$$\begin{aligned} 5-2 \text{ mm} &: 22,2\% \\ 2-0 \text{ mm} &: 77,8\% \end{aligned}$$

hvilket var det naturlige Sands oprindelige Forhold. Fortsattes Delingen med en Sigte med $\frac{1}{2}$ mm cirkulære Huller fandtes 34,2 % af Sandet mindre end $\frac{1}{2}$ mm. Sandets Styrkeindeks er da: $\alpha = 202$.

Sandet var frit for humusholdige Stoffer. 17,1 Vægt % af Sandet var opløseligt i Saltsyre.

Vandet var københavnsk Vandværksvand.

Kulsyren indkøbtes paa Staalflasker fra *Nordisk Kulsyrefabrik*.

Tjærer og Asfalter omtales under Forsøgene med imprægnerede Rør (Side 73 og 58).

3. Forsøgsrørenes Fremstilling.

Paa gode Rørstøberier fremstilles Rørene af en saa fugtig Mørtel, at der ved Afformningen som Følge af Formens Sugning danner sig et Net af smaa Cementvolde paa Røroverfladen. Paa *Glostrup Cementvarefabrik*, hvor der støbtes paa den her angivne Maade og med samme Grus som ved de foreliggende Forsøg, udtoges en Prøve af den nyblandede Mørtel. Dens Vandindhold fandtes at være 9,2 % af Tørstoffernes Vægt.

Ved de foreliggende Forsøg, hvor Rørene var smaa og spinkle og Stampemaaden afvigende fra den paa Rørfabrikkerne anvendte, valgte man at støbe Rørene med flere forskellige Vandprocenter, som Regel varierende mellem 8 og 10, saaledes at man fik konstateret Vandprocentens Betydning for Vandtæthed og Syrefasthed. Alle Rørene maa dog betegnes som »tørstøbte«.

Mørtlerne blandedes 3 Minutter i en Hobart Blandemaskine.

Ved de tidligere offentliggjorte Forsøg¹⁾ støbtes Rørene i en Form, hvis Bund og Sider var af Messing, medens Kærnen var en Trædorn omgivet af Messingblik. Stampningen udførtes med en Træstøder.

Til de foreliggende Forsøg stampedes Rørene med en lille Rørstøbemaskine, der ses paa Fig. 2. Den bestaar af en Messingform A med en Messingkærne B, der er sammensat af flere Stykker, saa den let kan udtages. Ned i Formens Hulrum passer en lodret styret Messingstamper C, der bedre ses paa Fig. 3. Under Støbningen bragtes Formen i langsomt omdrejende Bevægelse af en Motor. Mørtlen ifyldtes foroven i Portioner, og for hver Portion stampedes der. Ved de første Støbninger brugtes til hvert Rør 7 Ifyldninger med samme Antal Stamp ved hver, men da det viste sig, at disse Rør blev mere utætte forneden end foroven (se Side 33), brugtes senere 7 Ifyldninger med aftagende Antal Stamp fra 13 forneden til 7 foroven, ialt 70 Stamp. Saa snart et Rør

¹⁾ E. Suenson: Cementrørs Vandtæthed (Ingeniørvidenskabelige Skrifter B, Hefte Nr. 3).

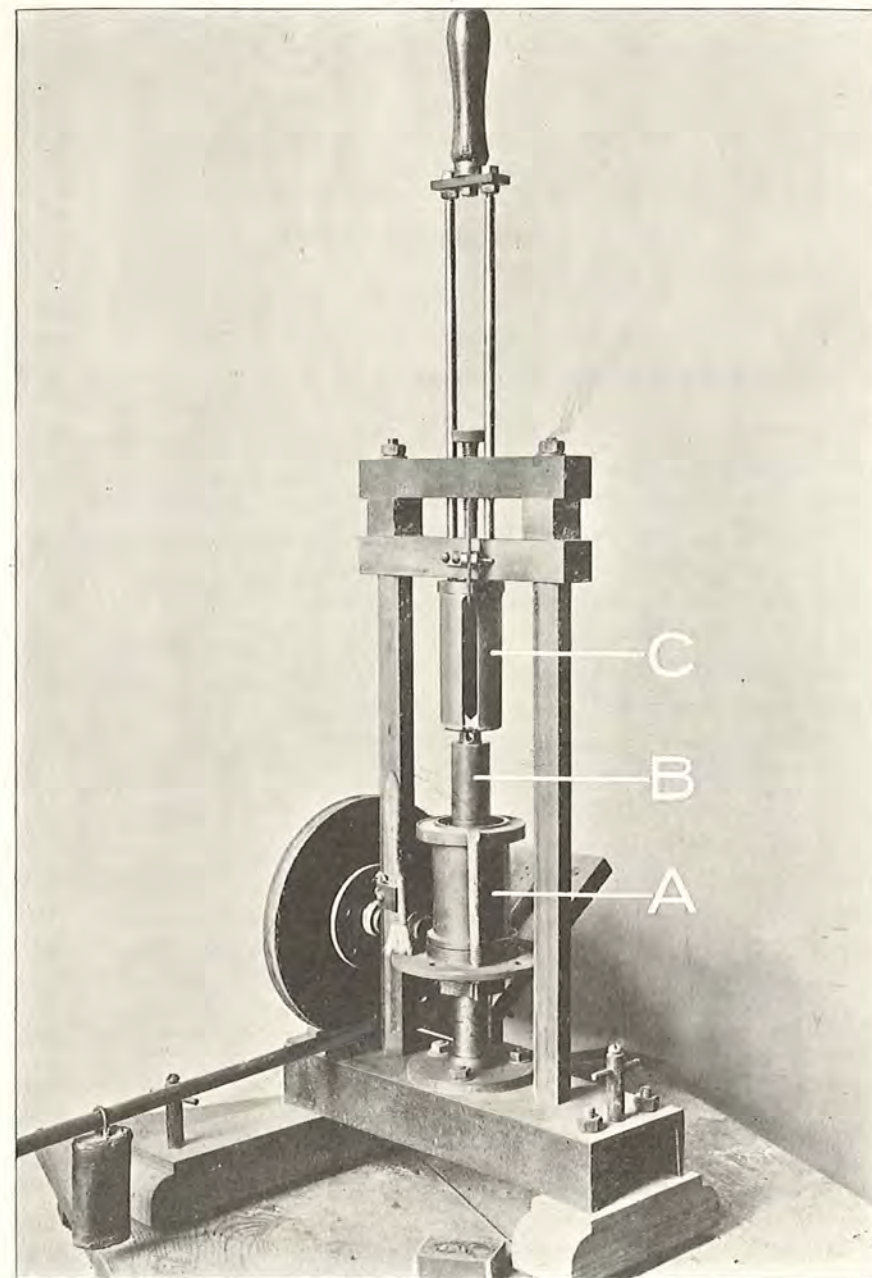


Fig. 2. Rørstøbemaskine.

var støbt, blev Kærnen forsigtigt taget op, hvorefter Røret henstilledes i vandmættet Luft. Efter 1 Døgn Forløb fjernedes Yderformen, hvorefter Rørene blev lagret:

enten 27 Døgn i Vand,
saakaldte **vandlagrede Rør**,
eller 27 Døgn i vandmættet Luft,
saakaldte **luftlagrede Rør**.

Den yderligere Lagring skete i Stueluft.

4. Forsøgsrørens Rumvægt.

Maskinstampningens Indførelse bevirkede, at Forsøgsrørens Rumvægt blev større end ved de ældre Forsøg. Ved disse svingede den omkring $2,27 \text{ g/cm}^3$ for Blandingsforholdet 1:2, medens den for de nye Rør med samme Blandingsforhold og Støbevandsmængde var ca. 2,30.

Rumvægten blev kun bestemt ved de første Forsøgsrækker (se Side 29) og da ved Hjælp af Kvægsølv paa den i »Cementrørs Vandtæthed« Side 6 angivne Maade. Naar man ikke bestemte den for samtlige Rør, var det, fordi man ikke kunde undgaa, at der trængte noget Kvægsølv ind i Mørtelporerne, hvilket kunde tænkes at forøge Rørens Vandtæthed.

Medens det ved de tidligere offentliggjorte Forsøg viste sig, at de luftlagrede Rør fik større Rumvægt end de vandlagrede, hvadenten Blandingsforholdet var 1:2, 1:3, 1:4 eller 1:5, naar blot Vand-Cement-Forholdet ikke var meget lille, viste de nye Rumvægtsbestemmelser for Mørtlerne 1:2 det modsatte. Disse Rør var ved Rumvægtsbestemmelsen 133—140 Døgn gamle, mens de tidligere undersøgte Rør af samme Blandingsforhold kun var 58 Døgn gamle, og Uoverensstemmelsen skyldes derfor formentlig, at Rørens Rumfangssvind ikke har været afsluttet ved det 58' Døgn.

Ved de tidligere offentliggjorte Forsøg var der kun Lejlighed til at undersøge Rør af Blandingsforholdet 1:2 i en Alder af 58 Døgn, hvorimod Rør af de andre Blandingsforhold undersøgte i forskellige Aldre og, bortset fra Rørene med meget smaa Vand-Cement-Forhold, altid med det Resultat, at de luftlagrede havde størst Rumvægt. Det synes

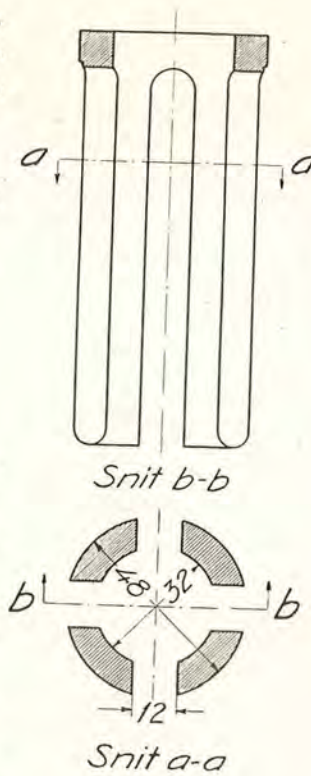


Fig. 3.

Stamper til Rørstøbmaskine.

TABEL 1.

Støbevandsmængde $100 P_v : (P_c + P_s)$	8 %	9 %	10 %	
Nr. i Støberækken	1 (vandlagret)	2,300	2,318	2,348
	2 (luftlagret)	2,293	2,303	2,338
	3 (vandlagret)	2,276	2,294	2,332
	4 (luftlagret)	2,280	2,283	2,327

saaledes kun at være for de fedeste Mørtlers Vedkommende, at der indtræder et Rumfangssvind paa et saa sent Tidspunkt.

Ved de nye Rumvægtsbestemmelser gjordes ogsaa en anden Iagttagelse, som belyses ved Tabel 1, i hvilken Rumvægten for 12 Rør med $P_c : P_s = 1 : 2$ er indført. Mørtlen til 4 sammenhørende Rør blev blandet paa een Gang og Rørene mærket i den Rækkefølge, hvori de blev støbt; Rør Nr. 1 og 3 vandlagredes, Rør Nr. 2 og 4 luftlagredes. Saavel for de vandlagrede som for de luftlagrede Rør ses det først støbte Rør at have større Rumvægt end det sidst støbte. Dette skyldes formentlig, at Cementkornene svulmer op, medens de henstaar i Blandingskarret, indtil Støbningen finder Sted, hvilket medfører en løsere Lejring, naar de fyldes i Formen. Denne Virkning af Mørtlens Henstand kunde ikke paavises ved de ældre Forsøg, muligvis fordi der da anvendtes Haandstampning, medens der ved de foreliggende nye Forsøg er anvendt Maskinstampning.

5. Forsøgsrørens Opstilling.

Opstillingen af de enkelte Rør er vist paa Fig. 4. Forsøgsrøret er fastspændt mellem to asfalterede Jærnflanger F med vulkaniserede Kautsjukringe K til Tætning. I nedre Flange er indskruet Hanen H , hvorigennem det kulsyreholdige Vand tilledes. I øvre Flange er fastgjort Glas-Stigrøret R med et Overløb liggende 200 cm over Forsøgsrørets Midte. Hanen H indstilledes saaledes, at Overløbet netop var i Funktion, og Trykhøjden blev derved holdt konstant.

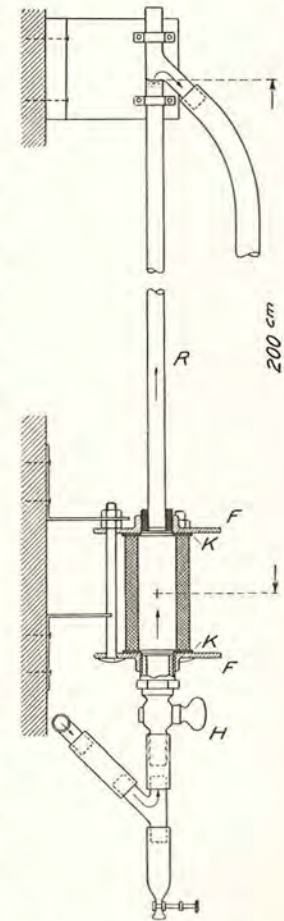


Fig. 4. Forsøgsopstilling.

For at opnaa dette til Trods for, at Rørene var ulige tætte, og at Tætheden varierede i Tidens Løb, maatte Hanen indstilles forskelligt for hvert enkelt Rør og desuden reguleres fra Tid til anden, undertiden flere Gange daglig. Samtidig maatte Hovedhanen paa Tilførselsledningen reguleres tilsvarende. Den gennem Overløbet pr. Tidsenhed udflydende Vandmængde

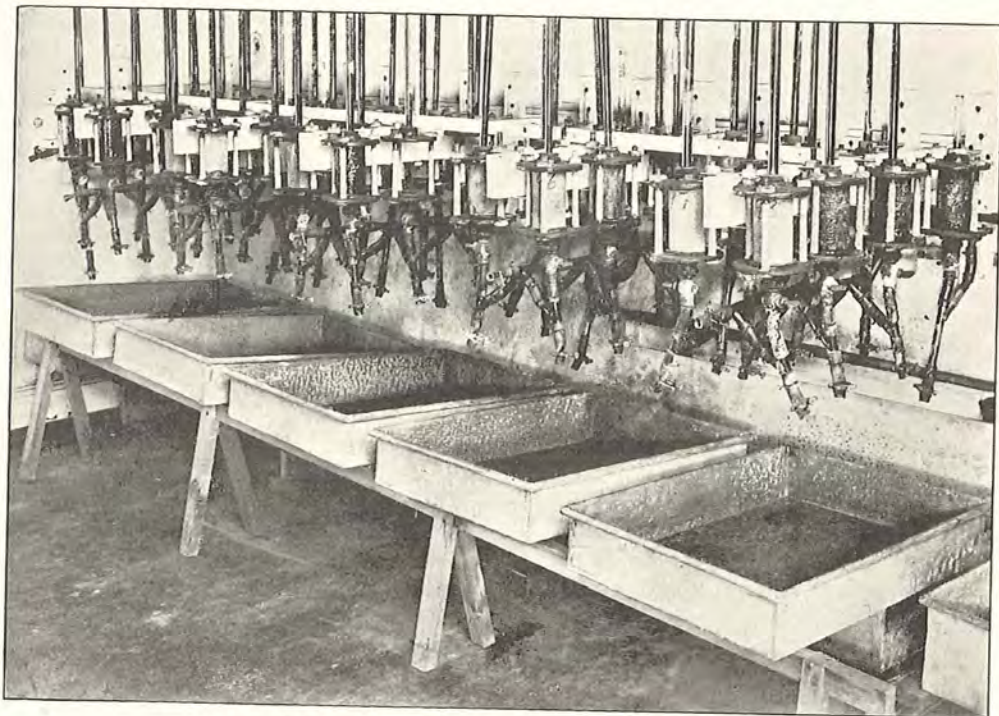


Fig. 5. Forsøgsopstilling, Cementrør under Prøvningen.

kunde ikke holdes helt konstant; Afløbet varierede fra livlig Drypning (ca. 5 g/Min) til Afløb i tynd Straale (ca. 105 g/Min). Disse Variationer medførte kun en Variation paa 1 à 2 mm i Trykhøjde og har derfor været uden Betydning for den Mængde Vand, der er gaaet igennem Forsøgsrørenes Vægge.

En Samling af de under Prøvning staaende Rør er vist paa Fig. 5—7.

Den Rørende, der vendte opad ved Stampningen, vendte ogsaa opad ved Prøvningen, med mindre andet er nævnt.

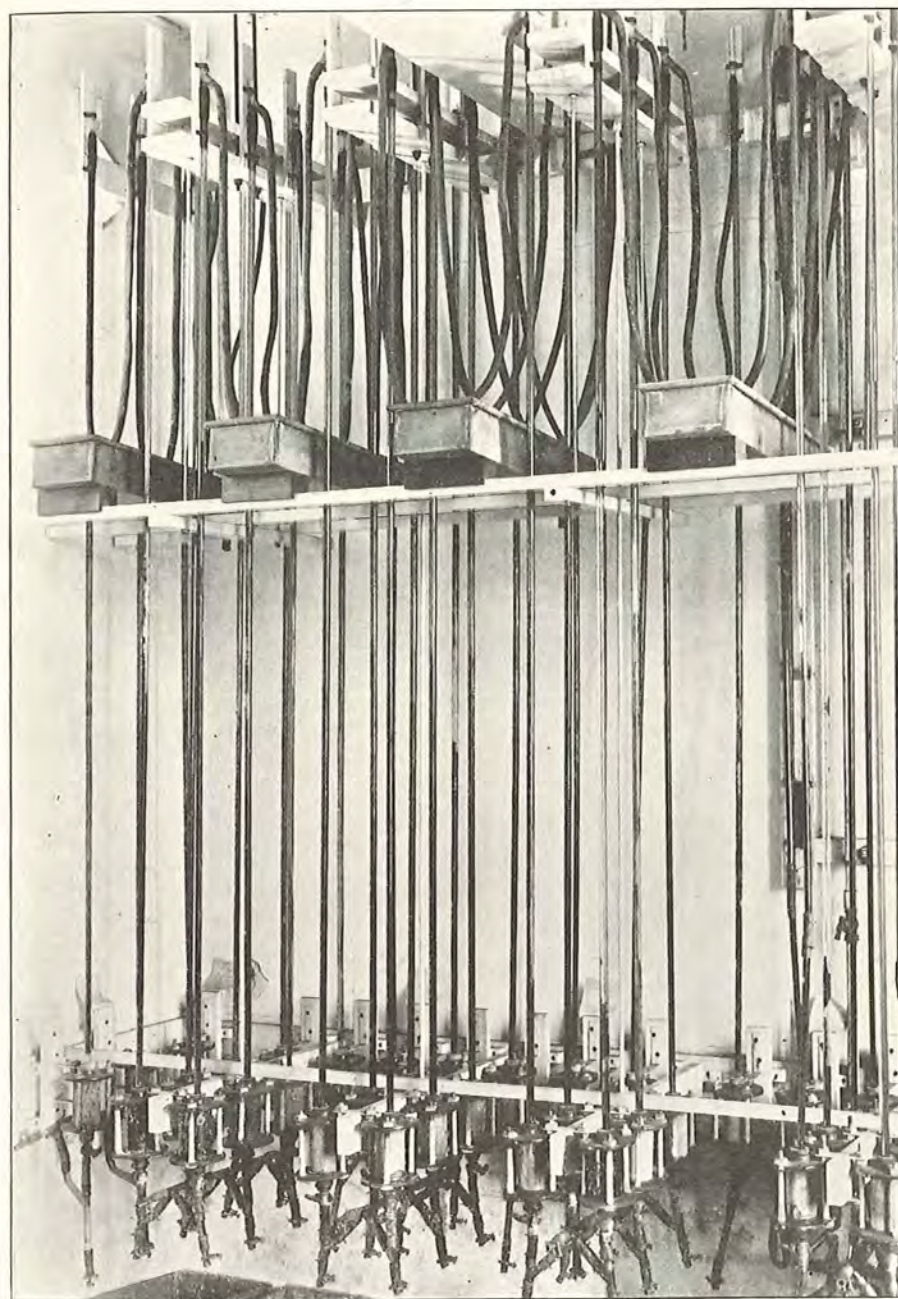


Fig. 6. Forsøgsopstilling, Cementrør under Prøvningen.

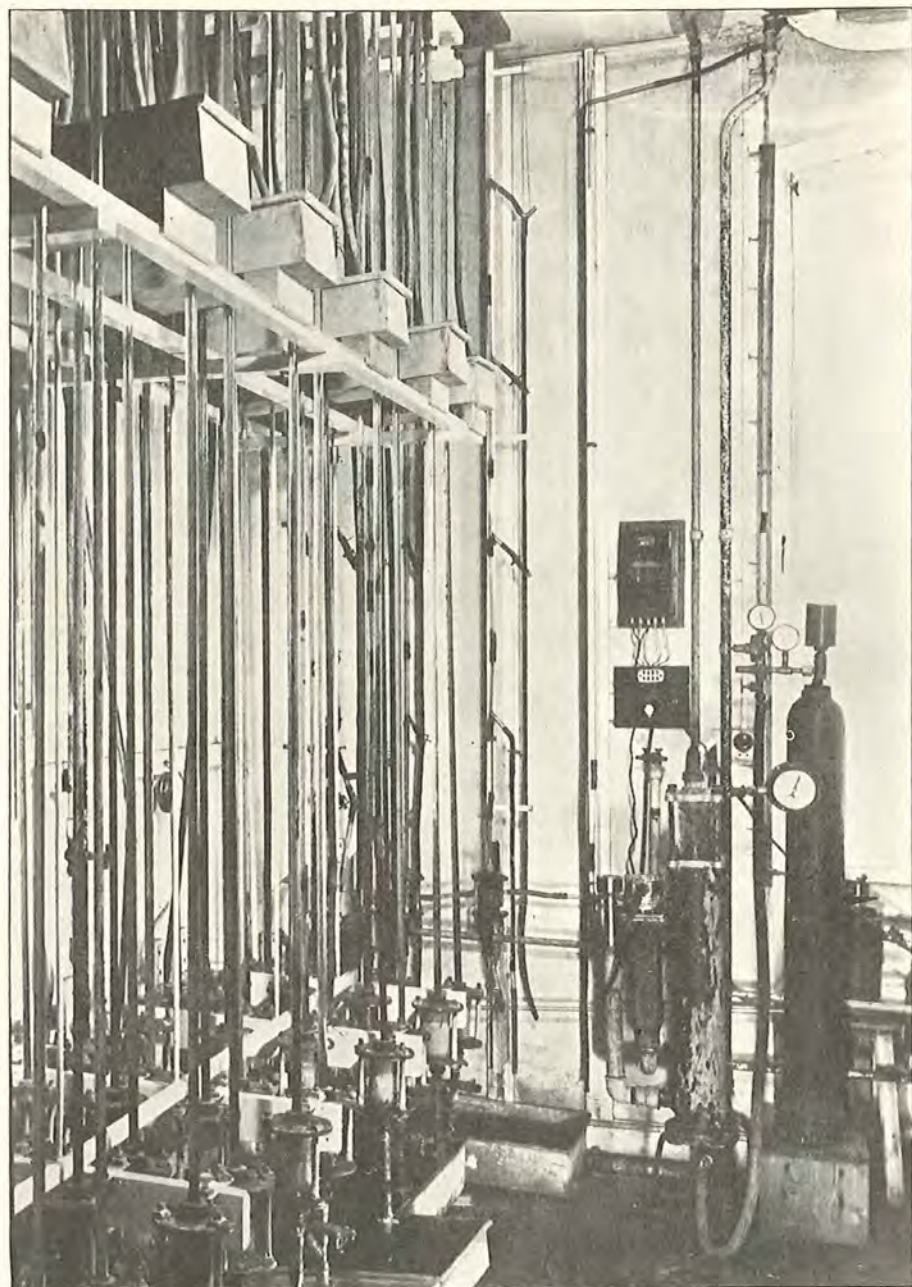


Fig. 7. Forsøgsopstilling, Karboniseringsapparat og elektrisk Vandvarmer.

6. Kulsyreens Indførelse i Vandet.

Formaalet med Forsøgene var at undersøge, hvorvidt Cementrør kan fremstilles saa tætte, at de taaler langvarig Paavirkning af kulyreholdigt Vand.

Det kulsyreholdige Vand fremstilledes ved at lede Kulsyre fra en almindelig Staalflaske gennem københavnsk Vandværksvand. Til at begynde med anvendtes Apparatet, som er vist paa Fig. 8. Kulsyren ledes fra Kulsyreflasken ind i et vandfyldt Glasrør *K* gennem et Messinghus *B* anbragt i Rørets nederste Ende. Messinghuset er foroven lukket med en 5 mm tyk Kautsjukplade, og gennem denne er stukket 8 Kapillarrør (0,16 mm Lysning), hvorigennem Kulsyren bobler op og opløses i det modstrømmende Vand; uopløst Kulsyre kan undvige gennem Glasrøret *G*. Fra den nederste Ende af Glasbeholderen *K* ledes Vandet til Rørene.

Efterhaanden blev Antallet af Forsøgsrør forøget langt ud over det oprindelig forudsatte Antal, og paa Grund af det øgede Vandforbrug blev Mængden af aggressiv Kulsyre (se Side 25) efterhaanden saa ringe, at den maatte forøges, og man gik da over til at foretage Kulsyreopløsningen under 2—3 at Tryk.

Dette opnaaedes ved Karboniseringsapparatet, der er vist paa Fig. 9 (se ogsaa Fig. 7). Efter Hanen *H*₁ passerer Vandværksvandet en elektrisk Vandvarmer *V* og Termoregulator *T*, hvorved det er muligt at opvarme Vandet til konstant Temperatur. Derefter træder Vandet ind forneden i Karboniseringsapparatet *K*, hvor det blandes med Kulsyren, der ledes ind forneden gennem et porøst Rør

(Berkefeld Filter) *B*. Karboniseringsapparatet bestaar for Størstedelen af en forzinket Støbejernscylinder, men har foroven en Glascylinder, hvorigennem Boblingen kan iagttages; efter Boblingens Intensitet kan man da regulere Kulsyretilførslen. Det kulsyrerige Vand træder efter at have passeret Hanen *H*₂ ind i Kobberbeholderen *L*, hvor uopløst Kulsyre kan undvige gennem det paasatte Glasrør *G*; Temperaturen maales med Termometret *t*. Fra Beholderen *L* ledes Vandet til Rørene. Strækningen

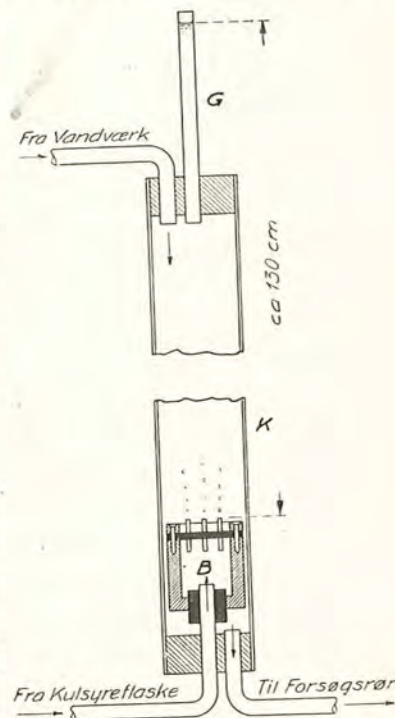


Fig. 8. Karboniseringsapparat for smaa Vandmængder.

indtil H_2 er Højtryksdelen, hvor Overtrykket holdtes paa 2—3 at; ved H_2 nedsattes det til ca. 0,25 at.

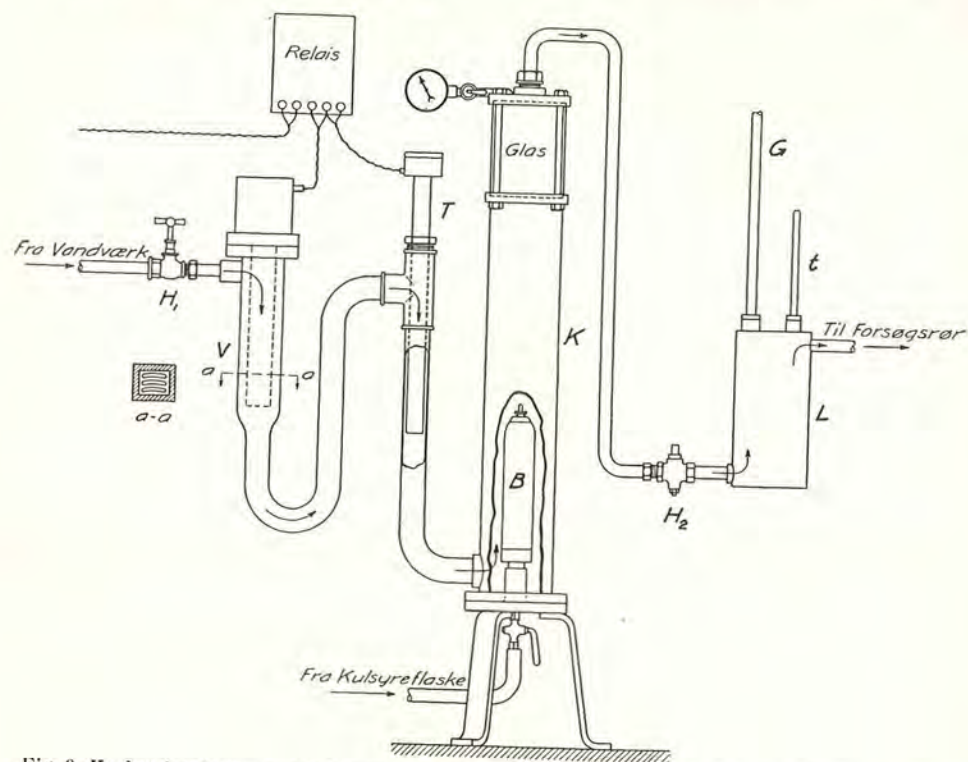


Fig. 9. Karboniseringsapparat for store Vandmængder med tilsluttet elektrisk Vandvarmer.

Efter den anvendte Kulsyretilførselsmaade samt Antallet af tilsluttede Forsøgsrør kan der skelnes mellem tre Forsøgsperioder:

- I Forsøgsperiode I anvendtes Apparatet paa Fig. 8 med indtil 17 Rør tilsluttede.
- » » II anvendtes samme Apparat med indtil 48 Rør tilsluttede.
- » » III anvendtes Apparatet paa Fig. 9 med indtil 48 Rør tilsluttede.

Den ovenfor omtalte Vandvarmer *V* og Termoregulator *T* brugtes kun undtagelsesvis nemlig paa Dage, hvor Rørvæggens Utæthed bestemtes ved Maaling af det gennemsivende Vand. Uden Brug af Vandvarmer kunde det navnlig om Sommeren ske, at selv helt tætte Forsøgsrørs Ydersider blev vaade af Fortætningsvand, hvilket dels hindrede en umiddelbar Bedømmelse af Tætheden, dels kunde medføre smaa Fejl i Maalingerne af gennemsivende Vand, saafremt der ogsaa dryppede Fortætningsvand ned i Karret. Paa de nævnte Maaledage opvarmedes Vandet derfor til noget over Stuetemperatur.

7. Forsøgsvandets Kulsyreindhold.

Københavns Vandværksvand indeholder ved alm. Temperatur ca. 120 mg bunden Kulsyre pr. Liter, altsaa 240 mg (eller 128 cm³) Bikarbonatkulsyre pr. Liter, og denne Mængde varierer kun i ringe Grad. Indholdet af fri Kulsyre er i Gennemsnit 15—16 mg/l. Vandværksvandets Bikarbonatindhold er imidlertid saa stort, at det kræver ca. 48 mg tilhørende Kulsyre pr. Liter for at forblive i Opløsning, og Vandet er saaledes overmættet med Bikarbonat. At dette kan ske maa rimeligvis forklares ved, at Vandet ved Behandlingen i Vandværket udskiller Kulsyre, uden at den tilsvarende Udskillelse af Bikarbonat naar at finde Sted, og dette er igen en af Aarsagerne til, at Vandværksvandet paa Brugsstedet ofte er tilbøjeligt til at udskille Kalk. Til Anvendelse ved de her omhandlede Forsøg var det derfor nødvendigt at tilføre Vandet fri Kulsyre for at ophæve denne Tilbøjelighed og gøre det tærende.

Det kulsyreerige Forsøgsvands Indhold af fri og aggressiv Kulsyre varierede ret stærkt; Tabel 2 giver en Oversigt over Variationen i de forskellige Forsøgsperioder.

TABEL 2.

	Bikarbonat-Kulsyre mg/l	Fri Kulsyre mg/l	Aggressiv Kulsyre mg/l
Forsøgsperiode I	ca. 240	95—245	20—70
» II	» »	35—88	0—18
» III	» »	170—535	50—135

Bikarbonat-Kulsyre bestemtes ved Titring med $\frac{1}{10}$ normal Saltsyre og med Metylorange som Indikator. Fri Kulsyre bestemtes efter *Tillmans & Heubleins* Metode ved Titring med $\frac{1}{10}$ normal Bariumhydroxyd og med Fenoltalein som Indikator. Aggressiv Kulsyre bestemtes grafisk.

8. Bedømmelse af Rørenes Tæthed og Holdbarhed.

Det gennem Rørvæggen sivende Vand opsamledes paa bestemte Tidspunkter i et Glaskar og vejedes. Ved at dividere Vandmængden med Opsamlingstiden fandt man Strømstyrken *Q* udtrykt i Gram pr. Minut.

Som Maal for Rørenes **Tæthed**, der som Regel enten voksede eller aftog under Forsøgets Fremadskriden, er benyttet Middelstrømstyrkerne i de første 2 Timer, de første 24 Timer, de første 7 Døgn o. s. v.

Oversigt over Rørenes Holdbarhed

Levetiden er angivet ved Længden af de kraftige Streger

Luftlagrede

Mørtel	$\frac{100P}{P_2+P_3}$	Forsøgsperiode I	Forsøgsper. II	Forsøgsperiode III
PC 1:2	8	—		
	9	—		
	10	—		
	9,2	—		
	9,5		—	
	10		—	
PC 1:1½	9		—	
	10		—	
	11		—	
MC 1:2	9		—	
	10		—	
	11		—	
PC 1:2	10			—

Vandlagrede

Mørtel	$\frac{100P}{P_2+P_3}$	Forsøgsperiode I	Forsøgsper. II	Forsøgsperiode III	
PC 1:2	8	—			
	9	—			
	10	—			
	9,2	—			
	9,5		—		
	10		—		
PC 1:1½	9		—		
	10		—		
	11		—		
MC 1:2	9		—		
	10		—		
	11		—		
PC 1:2	10			—	
		1 Jan. 1930	1 Jan. 1931	1 Jan. 1932	1 Jan. 1933

Fig. 10.

Disse Middelstrømstyrker bestemtes ved Planimetrering af Strømstyrke-Tid-Kurvernes tilsvarende Arealer; de er opført i Tabeller i det følgende.

Som Maal for Rørenes **Holdbarhed** er benyttet det Antal Døgn, Rørene har staaet under Tryk, inden Strømstyrken blev saa stor, at Trykket ikke længere kunde holdes paa samme Højde som i de øvrige Rør. Vandet stod da som Regel ud i en Straale fra et særlig ødelagt Sted, og Røret blev derfor udtaget. Rørenes Tilstand ved Udtagelsen varierede stærkt, som det fremgaar af den senere Forsøgsbeskrivelse.

Fig. 10, hvortil der senere knyttes Bemærkninger, giver en Oversigt over Rørenes Holdbarhed, samt over i hvilke Forsøgsperioder de forskellige Forsøg blev udført, idet Rørets Levetid i Forsøgsapparatet er angivet ved Længden af en vandret Streg. De to Rør i hver Gruppe er indført saaledes, at det mindst holdbare Rør overalt er indført først.

Angaaende Forsøgsvandets Kulsyreindhold giver Tabel 2, Side 25 Oplysninger.

B. FORSØGSRÆKKERNE.

1. Portlandcementrør.

a. RØR AF MØRTEL 1:2.

α. OVERSIGT OVER FORSØGSRÆKKEN.

Med Rør af Portlandcementmørtel 1:2 (se Tabel 3) udførtes 4 Forsøgsrækker, der omtales i Afsnittene β , γ , δ og ε . De adskilte sig kun fra hinanden, ved at Mørtlens Støbevandsprocent var forskellig, og ved at Forsøgene paabegyndtes paa forskellige Tidspunkter, idet man, efterhaanden som det viste sig, at den for Holdbarheden gunstigste Vandprocent for Mørtlerne laa mellem 9—10, og efterhaanden som der blev Plads i Forsøgsapparatet, søgte at faa den gunstigste Vandprocent nøjere bestemt og at faa bekræftet de tidligere fundne Resultater.

TABEL 3.

Vægtforholdet mellem Cement og Sand: $P_c:P_s = 1:2$.

Rørenes Stampemaade: 7 Ifyldninger med ens Antal Stamp efter hver Ifyldning.

100 $P_v:(P_c + P_s)$		8 %	9 %	10 %	9,2 %	9,5 %	10 %	10 %
$P_v:P_c$		0,24	0,27	0,30	0,276	0,285	0,30	0,30
Antal Rør	luftlagrede	2	2	2	2	2	2	2
	vandlagrede	2	2	2	2	2	2	2
Opstillede i Periode		I		I	II		III	
Beskrives i Afsnit		β		γ	δ		ε	

Mørtlens Fugtighedsgrad ved Støbningen varierede fra en saa ringe, at der ikke traadte Fugtighed frem under Stampningen, til en saa stor, at det voldte Vanskelighed at faa Formkærnen udtaget umiddelbart efter Rørets Fremstilling.

Rumvægten for nogle af disse Rør, bestemt som angivet Side 18 og paa det Tidspunkt, hvor Vandtæthedsforsøget begyndte, er indført i

Tabel 4. Rumvægten vokser med Støbevandsprocenten og er størst for de vandlagrede Rør (se Side 19). Dens Betydning for Vandtætheden omtales Side 33.

TABEL 4.

Rumvægt (g/cm^3) af Rør med $P_c:P_s = 1:2$.

100 $P_v:(P_c + P_s)$	8 %	9 %	10 %	9,2 %
Luftlagrede Rør	2,280 } 2,287 2,293 }	2,283 } 2,293 2,303 }	2,327 } 2,333 2,338 }	2,283 } 2,298 2,313 }
Vandlagrede Rør	2,276 } 2,288 2,300 }	2,294 } 2,306 2,318 }	2,332 } 2,340 2,348 }	2,288 } 2,305 2,322 }

β. MØRTLER MED 8, 9 OG 10 % VAND.

(1) Rørenes Tæthed.

I Tabel 5 er indført Oplysninger om hvert enkelt Rør. De to Rør i hver Gruppe er opført i samme Orden som paa Fig. 10, altsaa saaledes at det mindst holdbare er opført først.

Tætheden er karakteriseret ved: 1) det Antal Minutter eller Timer, der forløb, indtil Rørets Yderside blev fugtig, 2) Middelstrømstyrken i de første 2 Timer, 24 Timer o. s. v. (se Side 25), 3) den totale gennemstrømmede Vandmængde fra Forsøgets Begyndelse og indtil Røret var saa ødelagt, at det maatte udtages. Saafremt der under 1) ingen Tidsangivelse er indført, forblev Rørene tørre, i alt Fald i flere Døgn; nogle af disse Rør fik senere en fugtig Overflade, men det var kun forbigaaende, og der kan ingen Tvivl være om, at Fugtigheden stammede fra Vand, der fortættede sig paa de kolde Røroverflader.

Holdbarheden er karakteriseret ved Levetiden, ω : det Antal Døgn, der forløb fra Forsøgets Begyndelse, og indtil Røret var saa ødelagt, at det maatte udtages (se Side 27); endvidere er angivet, hvorledes dette Antal Døgn fordeler sig over de tre Forsøgsperioder.

I Tabel 5 a er indført Middeltallene af de i Tabel 5 for 2 ens Rør angivne Middelstrømstyrker.

Det fremgaar af Tabellerne, at de vandlagrede Rør var langt tættere end de tilsvarende luftlagrede, samt at Tætheden hos de luftlagrede Rør voksede med Støbevandsprocenten. De vandlagrede Rør fulgte samme Lov, naar Støbevandsprocenten var ringe, idet Rørene med 8 % Vand var utætte, medens Rørene med 9 og 10 % Vand var saa tætte, at Strømstyrken ikke kunde maales.

Fig. 11 viser Strømstyrke-Tid-Kurverne i de første 24 Timer for de

TABEL 5.
Rør af Mørtel 1:2.

Lagrede 2'-28' Døgn i	Fugtig Luft			Vand		
	8 0,24	9 0,27	10 0,30	8 0,24	9 0,27	10 0,30
$100 P_v : (P_c + P_s)$ $P_v : P_c$						
Alder i Døgn ved Provingens Begyndelse	140	139	133	140	139	133
Rør Nr.	178	182	186	175	179	183
Tiden indtil første Fugthed saas paa Ydersiden	0 Min.	0 Min.	< 33 Min.	6 Min.	1	1
Middelstrømstyrke i g/Min.	68,00	58,00	0,04	0,35 ²⁾	0,00	0,00
	81,00	62,00	0,03	0,47	0,00	0,00
	92,00	56,00	0,47	7,10	0,00	0,00
	50,00	32,00	0,27	7,80	0,00	0,00
			0,31	0,88	0,00	0,00
			0,95	0,78	0,00	0,00
			0,96	0,48	0,00	0,00
i hele Levetiden	69,00	17,00	0,89	7,80	0,00	0,00
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg	2290	4160	1475	1730	0	0
Levetid i Døgn						
I Forsøgsperiode	23	170	256	154	256	256
II			206	206	206	206
III			691	691	691	691
Ialt	23	170	1153 ¹⁾	1153 ¹⁾	1153 ¹⁾	1153 ¹⁾

¹⁾ Disse Rør holdt Stand i hele Forsøgstiden (1153 Døgn). ²⁾ Dette Rør havde Støbefejl.

TABEL 5 a.
Rør af Mørtel 1:2.

Lagrede 2'-28' Døgn i	Fugtig Luft			Vand		
	8	9	10	8	9	10
$100 P_v : (P_c + P_s)$ $P_v : P_c$	0,24	0,27	0,30	0,24	0,27	0,30
Alder i Døgn ved Provingens Begyndelse	140	139	133	140	139	133
Middelstrømstyrke i g/Min.						
i de første						
2 Tim.	62,50	30,70	0,06	0,22	0,00	0,00
24 Tim.	75,00	32,90	0,04	0,25	0,00	0,00
7 Døgn	81,50	29,40	0,31	4,45	0,00	0,00
28 Døgn	(50,00)	17,05	0,18	5,40	0,00	0,00
182 Døgn		(2,10)	0,17	(0,88)	0,00	0,00
365 Døgn			0,51	(0,78)	0,00	0,00
730 Døgn			0,49	(0,48)	0,00	0,00
I hele Levetiden	60,00	11,05	0,45	4,10	0,00	0,00
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg	5995	3020	743	1185	0	0

() om et Tal betyder, at det kun gælder for eet Rør, da det andet er ødelagt.

luftlagrede Rør (Abscissemaalestocken er formindsket for de sidste 22 Timer). Man ser, at Tætheden vokser med Støbevandsprocenten, og at Strømstyrken til at begynde med er stigende, hvilket skyldes, at Luften i Rørvæggens Porer uddrives.

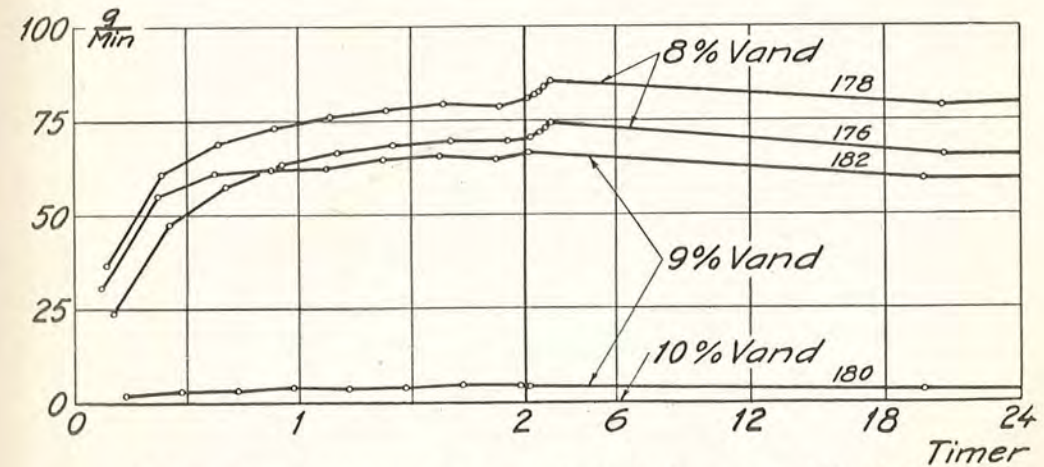


Fig. 11. Strømstyrkekurver for luftlagrede Portlandcementrør af Mørtel 1:2.

Fig. 12 viser Strømstyrkekurverne i hele Prøvetiden for de luftlagrede Rør med 8 og 9% Vand. Man ser, at Strømstyrken er underkastet stærke Svingninger; angaaende disse henvises til Afsnit VI C Side 215.

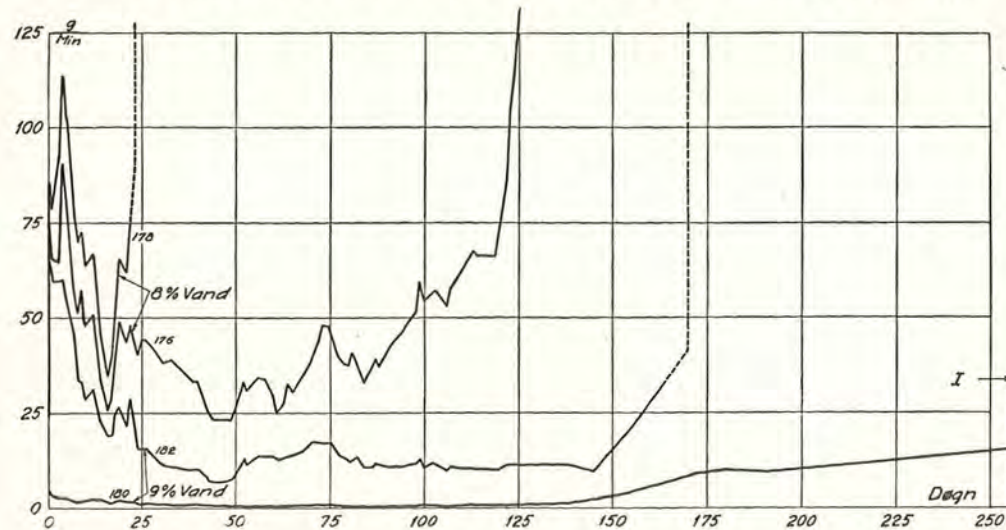


Fig. 12. Strømstyrkekurver for luftlagrede Portlandcementrør af Mørtel 1:2.

De **luftlagrede** Rør med 8% Vand var meget utætte og efter faa Minutters Prøvning vaade paa hele Ydersiden, der forblev vaad i hele Prøvetiden. Strømstyrken var snart stigende, snart faldende (se Fig. 12), og efter ret kort Tids Prøvning indtraadte pludselig en stærk Stigning, saaledes at Rørene maatte udtages.

Af Rørene med 9% Vand var det ene meget utæt og efter faa Minutters Prøvning vaadt paa hele Ydersiden med Undtagelse af en smal Bræmme foroven; denne tørre Bræmme holdt sig i hele Prøvetiden. Strømstyrken var i det første Døgn voksende for dette Rør, derefter aftagende og senere atter voksende; sluttelig indtraadte en pludselig stærk Stigning i Strømstyrken, saaledes at Røret maatte udtages. Det andet Rør var betydelig tættere, det blev efter faa Minutters Prøvning vaadt paa nederste Halvdel af Ydersiden og forblev i denne Tilstand hele Prøvetiden. Strømstyrken holdt sig i første Halvdel af denne paa smaa Værdier, men begyndte derefter at stige, hvilket fortsattes indtil Afslutningen af Forsøgsperiode I, da Røret viste sig ødelagt.

Rørene med 10% Vand var næsten tætte og i hele Prøvetiden tørre, kun ikke paa den nederste Del. Strømstyrken var for det ene Rør varierende omkring ret smaa Værdier, for det andet Rør naaede den kun i Forsøgsperiode I op paa maalelige Værdier.

Sammenligner man Rørenes Vandtæthed med deres Rumvægt (Tabel 1,

Side 19) viser det sig — som rimeligt er — at den vokser med Rumvægten.

De **vandlagrede** Rør med 8% Vand var langt tættere end de tilsvarende luftlagrede; efter 1 Times Prøvning var de vaade paa Dele af Ydersiden, og de vedblev at være vaade paa den nederste Del i hele Prøvetiden. For det ene Rør svingede Strømstyrken omkring en konstant Værdi, indtil der ret tidligt i Forsøgsperiode I pludselig indtraadte en stærk Stigning, saaledes at Røret maatte udtages. Dette forklaredes senere ved en Støbefejl i Rørets nederste Del. For det andet Rør, der var betydelig tættere, holdt Strømstyrken sig paa ret smaa Værdier i hele Prøvetiden.

Rørene med 9 og 10% Vand var tætte og hvidtørre i hele Prøvetiden; kun et enkelt Rør fik kort efter Forsøgets Begyndelse vaade Pletter, som næste Dag forsvandt.

Sammenligner man Rørenes Vandtæthed med deres Rumvægt (Tabel 1 Side 19), er der Overensstemmelse, forsaavidt som Rørene med 9 og 10% Vand, der viste sig helt tætte, har større Rumvægt end Rørene med 8% Vand, men Rør Nr. 175 har større Rumvægt end Rør Nr. 177, til Trods for at Rør Nr. 175 er det mest utætte. Denne Afvigelse forklares ved, at sidstnævnte Rør paa Grund af Støbefejl havde porøse Steder ved den nederste Ende (se Fig. 13).

Rumvægtens Størrelse kan slet ikke bruges som Maalestok for Vandtætheden, hvis Lagringsmaaden har været forskellig. De luftlagrede og de vandlagrede Rør med 8% Vand havde ens Rumvægt ($2,29 \text{ g/cm}^3$), og dog var de luftlagrede langt utættere end de vandlagrede. Den større Utæthed maa skyldes, at de luftlagrede Rør har grovere Porer end de vandlagrede, da Porerne Antal maa være ens i begge Rør.

(2) Rørenes Holdbarhed.

Fig. 13 viser alle 12 Rør fotograferede efter Forsøgets Afbrydelse i den Stilling, de indtog saavel under Stampningen som under Prøvningen; den mest angrebne Side vender frem. Rørene blev før Fotograferingen afbørstede, hvilket har afsløret de smuldrende Steder. Rørene er paa Fotografiet anbragte i samme Rækkefølge som i Tabel 5 og Fig. 10; af to Rør med ens Støbevandsmængde er altsaa det mindst varige anbragt først.

Det fremgaar af Fotografiet, at Holdbarheden viste sig voksende med Støbevandsprocenten, samt at de vandlagrede Rør viste sig langt holdbarere end de tilsvarende luftlagrede. Man ser endvidere, at de tærede Rør fortrinsvis er angrebne i den Ende, der vendte nedad saa-

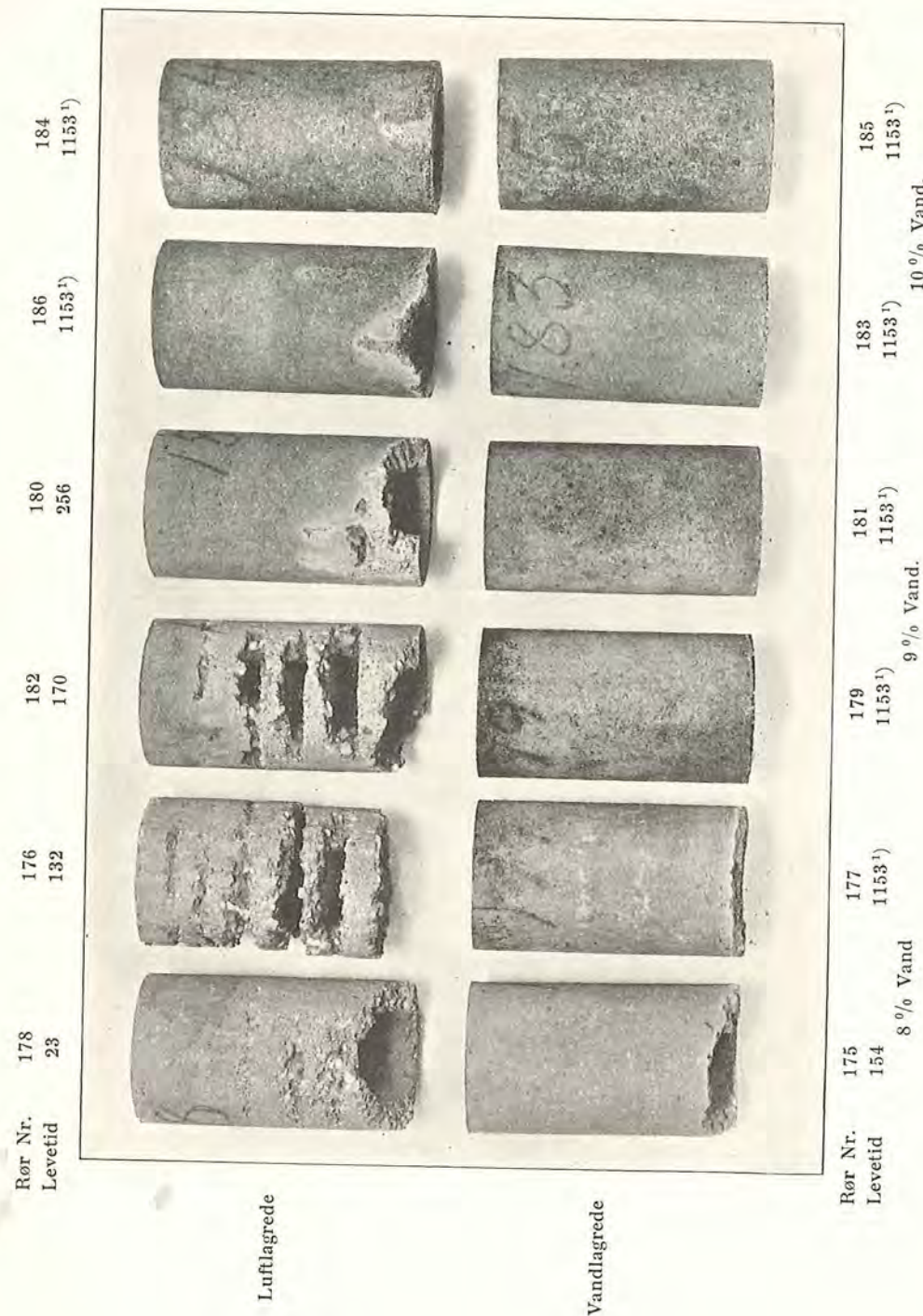


Fig. 13. Portlandcimentrør af Mørtel 1 : 2 efter Prøvningen.

vel ved Stampningen som ved Vandtæthedsforsøget. For at faa afgjort om det ene eller det andet af disse to Forhold var Aarsag til denne Endes ringere Holdbarhed, blev Rørene med 9,2 % Vand (Side 36) prøvede i omvendt Stilling, hvorved det viste sig, at deres øvre Ende, der altsaa havde vendt nedad under Stampningen, blev først ødelagt. Da dette var blevet konstateret, ændredes Stampemaaden for de senere fremstillede Rør (1 : 1½ af Portlandcement og samtlige Rør af Mølcement) som omtalt Side 16.

Rørenes Holdbarhed varierede paa det nærmeste som deres Tæthed. Sammenligner man deres Levetid med Middelstrømstyrken i de første to Timer, ser man, at med enkelte Uregelmæssigheder har Levetiden været desto større, jo mindre Vand, der er gaaet gennem Rørvæggen i de første to Timer. Rør Nr. 175, hvis Holdbarhed var betydelig mindre, end man skulde vente efter Vandgennemgangen i de første to Timer, havde en Støbefejl ved den nedre Ende.

De **luftlagrede** Rør med 8 % Vand viste sig ødelagt efter henholdsvis ca. 1 og ca. 4 Maaneders Prøvning, idet Vandet sprøjtede ud gennem et Hul helt forneden, hvor Rørvæggen var gennemtæret; Rørene var desuden gennemtærede langs Dele af flere Stampeflader paa nedre Rørhalvdel. Af Rørene med 9 % Vand viste det venstre (Fig. 13) sig ødelagt efter ca. 6 Maaneders Prøvning, idet Vandet sprøjtede ud gennem et Hul forneden; det andet viste sig ødelagt ved Afslutningen af Forsøgsperiode I efter ca. 8 Maaneders Prøvning, og det var da gennemtæret langs en Del af nedre Endeflade; Tæringens Art ses tydeligt paa Fig. 13 a. Rørene med 10 % Vand holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse, ω : mere end tre Aar; ved Udtagelsen var det ene gennemtæret langs en Del af nedre Endeflade, medens det andet havde en fast Yderside.

Af de **vandlagrede** Rør med 8 % Vand viste det venstre sig ødelagt efter ca. 5 Maaneders Prøvning, idet Vandet sprøjtede ud gennem et Hul helt forneden paa Røret (Støbefejl); det andet holdt Stand til For-



Fig. 13 a. Luftlagret Portlandcimentrør af Mørtel 1 : 2 efter Prøvningen. Rør Nr. 180.

søgets Afbrydelse, men det var allerede i Forsøgsperiode I gennemtæret langs en Del af nedre Endeflade. Rørene med 9 og 10 % Vand holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse, og de havde ved Udtagelsen en fast Yderside.

Indersiden af Rørene var tilsyneladende uangrebet af Kulsyren, men ved Berøring viste den sig smuldrende, dog kun for de fine Korn Vedkommende, de grove sad fast. Paa eet af de tætte vandlagrede Rør blev Indersiden grundigt afbørstet og Vægten af det løsnede Materiale bestemt. Forøges denne Vægt med 100 %, under Hensyn til at den ikke indbefatter den udludede Cement og heller ikke de større Stenkorn, som ikke lod sig afbørste, findes Tykkelsen af det ødelagte Lag at være 0,68 mm, hvilket meget nær svarer til 0,22 mm Tæring om Aaret.

Den ved det kulsyrerige Vands Strømning gennem Rørvæggen opløste **Kalk** førtes som Regel bort med Vandet. Kalkaflejringer fandtes kun paa Ydersiden af de Rørvægge, gennem hvilke Vandet sivede ganske langsomt, nemlig paa de tætteste luftlagrede Rør og de utætteste vandlagrede Rør og kun i ganske ubetydelig Mængde (se Fig. 13).

γ. MØRTEL MED 9,2 % VAND.

(1) Rørenes Tæthed.

I Tabel 6 er indført Oplysninger om de prøvede Rør. Disses Stilling i Forsøgsapparatet var i Modsætning til alle de øvrige saadan, at den under Stampningen nedadvendende Ende vendte opad under Prøvningen.

Af de **luftlagrede** Rør var det ene utæt og efter et Par Minutters Prøvning vaadt paa hele Ydersiden, der forblev vaad i hele Prøvetiden. Strømstyrken var underkastet stærke Svingninger af lignende Art, som de paa Figur 12 viste; efter ret kort Tids Prøvning indtraadte pludseligt en stærk Stigning, saaledes at Røret maatte udtages. Det andet Rør, hvis Rumvægt var en Del større (se Side 29), viste sig betydelig tættere; det blev efter faa Minutters Prøvning vaadt paa den øverste Del af Ydersiden og senere paa hele Ydersiden. Strømstyrken var svingende; Røret viste sig ødelagt ved Afslutningen af Forsøgsperiode I.

Af de **vandlagrede** Rør var det ene utæt og efter ca. 1 Times Prøvning vaadt paa hele Ydersiden, der forblev vaad i hele Prøvetiden. Strømstyrken var svingende; Røret viste sig ødelagt ved Afslutningen

TABEL 6.
Rør af Mørtel 1:2.

Lagrede 2'-28' Døgn i	Fugtig Luft		Vand		Fugtig Luft		Vand		Fugtig Luft		Vand	
	100 $P_v : (P_c + P_s)$ $P_v : P_c$	9,2 0,276	9,2 0,276	9,5 0,285	10 0,30	9,5 0,285	10 0,30	9,5 0,285	10 0,30	10 0,30	10 0,30	636 638
Alder i Døgn ved Prøvningsbegyndelse	169		169		353		350		350		636	
Rør Nr.	174	172	173	171	226	224	230	228	223	225	227	229
Tiden indtil første Fugtlighed saas paa Ydersiden	0 Min.	< 2 Min.	< 24 Min.	0,00	9 Min.	9 Min.	$\frac{3}{4}$ Min.	4 Min.	0,00	0,00	0,00	0,00
Tæthed	94,00 112,00 82,00 59,00 182 Døgn 365 Døgn 730 Døgn	2,40 4,40 4,30 4,10 3,20	0,40 0,83 0,69 1,20 2,20	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	0,02 0,02 0,01 0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	0,02 0,06 0,05 0,02 0,01 0,01 0,02	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00
Middelsestrømstyrke i g/Min.	39,00	3,50	2,70	0,00	ca. 5	ca. 3	26	ca. 1	0,00	0,00	0,00	0,00
Totalt gennemstrømede Vandmængde i kg	6950	1170	900	0	204 691 895 ¹⁾	204 691 895 ¹⁾	203 691 894 ¹⁾	203 691 894 ¹⁾	204 691 895 ¹⁾	204 691 895 ¹⁾	203 691 894 ¹⁾	203 691 894 ¹⁾
Holdbarhed	I II III ialt	123 232 232	232	232 206 691 1129 ¹⁾	204 691 895 ¹⁾	204 691 895 ¹⁾	203 691 894 ¹⁾	203 691 894 ¹⁾	204 691 895 ¹⁾	204 691 895 ¹⁾	203 691 894 ¹⁾	203 691 894 ¹⁾
Beskrives i	Afsnit γ		Afsnit δ		Afsnit ε		Afsnit ζ		Afsnit η		Afsnit θ	

¹⁾ Disse Rør holdt Stand i hele Forsøgstiden.

af Forsøgsperiode I. Det andet Rør, hvis Rumvægt var en Del større, var tæt og havde i langt den største Del af Prøvetiden en hvidtør Yderside.

(2) Rørenes Holdbarhed.

Fig. 14 viser to af Rørene, et luftlagret og et vandlagret, fotograferede efter Udtagelsen i den Stilling, hvori de blev prøvede; den mest



Luftlagret (172).

Vandlagret (173).

Fig. 14. Portlandcimentrør af Mortel 1:2 efter Prøvningen.

angrebne Side vender frem. Rørene blev før Fotograferingen afbørstede, hvilket har afsløret de smuldrende Steder.

Fotografiet viser, at det ogsaa her, hvor Rørene blev prøvede i den omvendte Stilling af den, hvori de blev stampede, er den under Stampningen nedadvendende Ende, der er angrebet. Man ser ligeledes tydeligt, hvordan det kulsyrerige Vand efter at være passeret gennem Rørvæggen endnu har været i Stand til at opløse Cementen i Overfladen, saaledes at Sandskornene træder frem.

Det ene **luftlagrede** Rør viste sig ødelagt efter ca. 4 Maaneders Prøvning, idet Vandet sprøjtede ud gennem et Hul helt foroven paa Røret, hvor Rørvæggen var gennemtæret; det andet (se Fig. 14) viste sig ødelagt ved Afslutningen af Forsøgsperiode I efter ca. 8 Maaneders Prøvning; begge Rør var gennemtærede langs Dele af den under Prøvningen opadvendende Endeflade samt de nærmest denne Rørende beliggende Stampflader.

Det ene **vandlagrede** Rør (se Fig. 14) viste sig ødelagt ved Afslutningen af Forsøgsperiode I, idet det var gennemtæret langs en Del af den under Prøvningen opadvendende Endeflade, Røret var desuden gennemtæret paa en mindre Del af Rørvæggen nær ved denne Rørende; det andet Rør holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse, \approx ca. 3 Aar, og havde ved Udtagelsen en fast Yderside.

Indersiden af samtlige Rør var overfladisk tæret, saaledes at et tyndt Lag Mørtel kunde bortsmuldres.

Kalkaflejringer fandtes paa Ydersiden af de luftlagrede Rør, men kun i ganske ubetydelig Mængde.

Sammenlignes Rørene med 9,2% Vand med Rørene med 9% Vand (Side 35), har de første staaet sig noget daarligere saavel i Henseende til Tæthed som til Holdbarhed til Trods for deres større Støbevandsmængde; dette skyldes muligvis, at disse Rør blev prøvede i omvendt Stilling, thi under den øvre Flange samlede der sig ofte Kulsyreblærer, og det kulsyrerigeste Vand har derfor været i Berøring med Rørets utætteste Ende. Men iøvrigt kan Forskellen alene forklares ved, at Rørene er prøvede paa forskellige Tidspunkter.

δ. MØRTLER MED 9,5 OG 10% VAND.

(1) Rørenes Tæthed.

I Tabel 6 er indført Oplysninger om de prøvede Rør.

De **luftlagrede** Rør med 9,5% Vand var i ringe Grad utætte; det ene af Rørene var i hele Prøvetiden vaadt paa Dele af Ydersiden, det andet tættede sig og havde til Slut en hvidtør Yderside. Af Rørene med 10% Vand var det ene mere utæt end de to med 9,5% Vand og i Begyndelsen (Forsøgsperiode II) vaadt paa store Dele af Ydersiden, i Forsøgsperiode III kun paa den nederste cm. Det andet Rør var betydeligt tættere, men ogsaa dette Rør var i Forsøgsperiode II vaadt paa Størstedelen af Ydersiden; i Forsøgsperiode III var det til at begynde med vaadt paa Dele af Ydersiden, senere blev denne hvidtør. Strømstyrken naaede kun i Forsøgsperiode II op paa maalelige Værdier.

De **vandlagrede** Rør med 9,5 % Vand var næsten tætte og kun i de første Prøvemaaneder vaade paa Dele af Ydersiden; i Slutningen af Forsøgsperiode II tættede Rørene sig, og i Forsøgsperiode III havde de til Stadighed en hvidtør Yderside. Strømstyrken naaede kun i de første Prøvemaaneder op paa maalelige Værdier, der for bægge Rør var ganske smaa. Rørene med 10 % Vand var ligeledes næsten tætte og kun i første Halvdel af Forsøgsperiode II vaade paa Dele af Ydersiden, i den øvrige Del af Forsøgstiden havde de en hvidtør Yderside. Strømstyrken naaede kun i de første Prøvemaaneder op paa maalelige Værdier.

(2) Rørenes Holdbarhed.

De **luftlagrede** Rør holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse, α : ca. $2\frac{1}{2}$ Aar. Rørene med 9,5 % Vand havde ved Udtagelsen en fast Yderside. Af Rørene med 10 % Vand var det ene gennemtæret enkelte Steder langs nedre Endeflade, medens det andet havde en fast Yderside.

De **vandlagrede** Rør holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse og havde ved Udtagelsen en fast Yderside.

Indersiden af samtlige Rør var overfladisk tæret, saaledes at et tyndt Lag Mørtel kunde bortsmuldras.

Svage **Kalkaflejringer** fandtes langs nederste Kant af det utætte, luftlagrede Rør med 10 % Vand. Paa det utætte, luftlagrede Rør med 9,5 % Vand fandtes enkelte større Porer, hvorigennem den største Vandmængde sivede; udfør og nedenfor disse Porer havde der dannet sig lodrette Kalkstriber, der sprang indtil 2 mm frem fra Rørets Yderside.

ε. MØRTEL MED 10 % VAND.

De i denne Forsøgsrække omhandlede Rør prøvedes kun i Forsøgsperiode III, medens forrige Forsøgsrækkes Rør med 10 % Vand prøvedes i baade Forsøgsperiode II og III.

(1) Rørenes Tæthed.

I Tabel 6 er indført Oplysninger om de prøvede Rør.

De **luftlagrede** Rør var næsten tætte, men i en stor Del af Forsøgstiden var de vaade paa Dele af Ydersiden; til Slut var denne hvidtør. Strømstyrken var ikke maalelig.

De **vandlagrede** Rør var tætte og havde i hele Prøvetiden en hvidtør Yderside.

Rørene i denne Forsøgsrække fandtes tættere end de foregaaende For-

søgsrækkers tilsvarende Rør til Trods for Forsøgsvandets større Indhold af aggressiv Kulsyre. Tæthedsforskellen er dog ikke stor og skyldes formentlig Rørenes Aldersforskel.

(2) Rørenes Holdbarhed.

Saa vel de **luftlagrede** som de **vandlagrede** Rør holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse, α : næsten 2 Aar, og de havde ved Udtagelsen en fast Yderside.

Indersiden af samtlige Rør var overfladisk tæret.

Paa eet af de luftlagrede Rør fandtes en lille fremspringende **Kalkaflejring**, der var dannet udfør en Pore, gennem hvilken en ganske ringe Vandmængde sivede.

b. RØR AF MØRTEL 1 : 1 $\frac{1}{2}$.

Med Rør af Mørtel 1 : 1 $\frac{1}{2}$ (se Tabel 7) udførtes kun en enkelt Forsøgsrække, der paabegyndtes i Forsøgsperiode II samtidig med den 3^e (i Afsnit δ omtalte) Forsøgsrække med Mørtel 1 : 2.

TABEL 7.

Vægtforholdet mellem Cement og Sand: $P_c : P_s = 1 : 1\frac{1}{2}$.
Rørenes Stampemaade: 7 Ifyldninger med aftagende Antal Stamp efter hver Ifyldning.

$100 P_v : (P_c + P_s)$		9 %	10 %	11 %
$P_v : P_c$		0,225	0,250	0,275
Antal Rør	luftlagrede	2	2	2
	vandlagrede	2	2	2
Opstillede i Periode		11		

Om Mørtlens Konsistens gælder det for Mørtlerne 1 : 2 meddelte (se Side 28).

(1) Rørenes Tæthed.

I Tabel 8 er indført Oplysninger om de enkelte Rør. I Tabel 8 a er indført Middelværdierne af de i Tabel 8 for to ens Rør angivne Værdier af Middelstrømstyrken.

Det fremgaar af Tabellerne, at de vandlagrede Rør viste sig langt

TABEL 8.
Rør af Mørtel 1:1^{1/4}.

Lagrede 2'—28' Døgn i	Fugtig Luft			Vand						
	9 0,225	10 0,250	11 0,275	9 0,225	10 0,250	11 0,275	237	241	243	245
$100 P_v : (P_c + P_s)$ $P_v : P_c$	224	224	225	224	224	225	235	241	239	243
Alder i Døgn ved Prøvningens Begyndelse	224	224	225	235	241	243	235	241	239	243
Rør Nr.	238	242	240	236	242	244	238	241	239	243
Tiden indtil første Fugthed saas paa Ydersiden	0 Min.	0 Min.	0 Min.	0 Min.	0 Min.	ca. 2 Tim.	13 Min.	1 Min.	10 Min.	26 Min.
Tæthed	88,00	72,00	52,00	63,00	72,00	0,00	0,08	0,13	0,00	0,00
Middelstrømsstyrke i g/Min.	118,00	86,00	53,00	79,00	86,00	0,00	0,28	0,31	0,01	0,00
i de første	75,00	46,00	22,00	54,00	46,00	0,00	0,50	0,35	0,02	0,01
i de første	30,00	18,00	8,10	30,00	18,00	0,02	0,43	0,22	0,02	0,05
i de første	9,30	4,10	1,70	9,00	4,10	0,01	0,22	0,32	0,00	0,02
i de første	9,20	2,00	0,16	9,20	2,00	0,00	0,22	0,36	0,00	0,01
i de første	8,70	4,00	0,15	9,50	4,00	0,00	0,34	0,49	0,00	0,01
i hele Levetiden	8,70	4,00	0,14	9,50	4,00	0,00	0,35	0,47	0,00	0,00
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg	2770	1920	2050	5170	1920	ca. 3	443	600	ca. 2	ca. 4
Holdbarhed	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I
Levetid i Døgn	199	198	196	199	198	196	199	198	198	196
i Forsøgsperiode	22	136	691	179	421	691	691	691	691	691
i alt	221	334	887 ¹⁾	378	619	887 ¹⁾	890 ¹⁾	889 ¹⁾	889 ¹⁾	887 ¹⁾

¹⁾ Disse Rør holdt Stand i hele Forsøgstiden.

TABEL 8 a.
Rør af Mørtel 1:1^{1/2}.

Lagrede 2'—28' Døgn i	Fugtig Luft			Vand		
	9	10	11	9	10	11
$100 P_v : (P_c + P_s)$ $P_v : P_c$	0,225	0,250	0,275	0,225	0,250	0,275
Alder i Døgn ved Prøvningens Begyndelse	224	224	225	224	224	225
Middelstrømsstyrke i g/Min.						
i de første						
2 Tim.	75,50	62,00	2,90	0,04	0,07	0,00
24 Tim.	98,50	69,50	2,10	0,16	0,16	0,00
7 Døgn	64,50	34,00	0,95	0,27	0,19	0,01
28 Døgn	30,00	13,05	0,48	0,24	0,12	0,04
182 Døgn	9,15	2,90	0,11	0,12	0,16	0,02
365 Døgn	(9,20)	(2,00)	0,08	0,11	0,18	0,01
730 Døgn			0,08	0,17	0,25	0,01
I hele Levetiden	9,10	3,15	0,07	0,18	0,24	0,00
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg	3970	1985	91	224	301	5

() om et Tal betyder, at det kun gælder for eet Rør, da det andet er ødelagt.

tættere end de tilsvarende luftlagrede, og at disses Tæthed voksede med Støbevandsprocenten.

Paa Fig. 15 er vist Strømsstyrkekurverne i de første 24 Timer for de luftlagrede Rør. Ligesom paa Fig. 11 ser man, at Tætheden vokser med Støbevandsprocenten, samt at Strømsstyrken stiger paa Grund af Luftuddrivningen.

Paa Fig. 16 er vist Strømsstyrke-Tid-Kurverne for de samme 6 Rør i de første Forsøgsmaaneder. Selvtætningen sker her langt hurtigere end for Rørene 1:2 (Fig. 12), hvilket dog næppe alene skyldes Mørtlens større Cementrigdom, men ogsaa Vandets ringere Kysyreindhold, hvilket tillige forklarer, at Kurverne her forløber uden de for Rørene 1:2 fundne stærke Svingninger (se Side 214). Strømsstyrkens Stigning 6—7 Maaneder efter Forsøgets Begyndelse skyldes Overgangen til Brug af kulsyrerigere Vand i Forsøgsperiode III.

De luftlagrede Rør med 9% Vand var utætte og efter et Par Minutters Prøvning vaade paa hele Ydersiden, der forblev vaad i hele Prøvetiden. Strømsstyrken var i den første Forsøgsperiode (II) stærkt aftagende (se Fig. 16), men blev svagt voksende efter Overgangen til Forsøgsperiode III; efter endnu nogen Tids Prøvning indtraadte for bægge

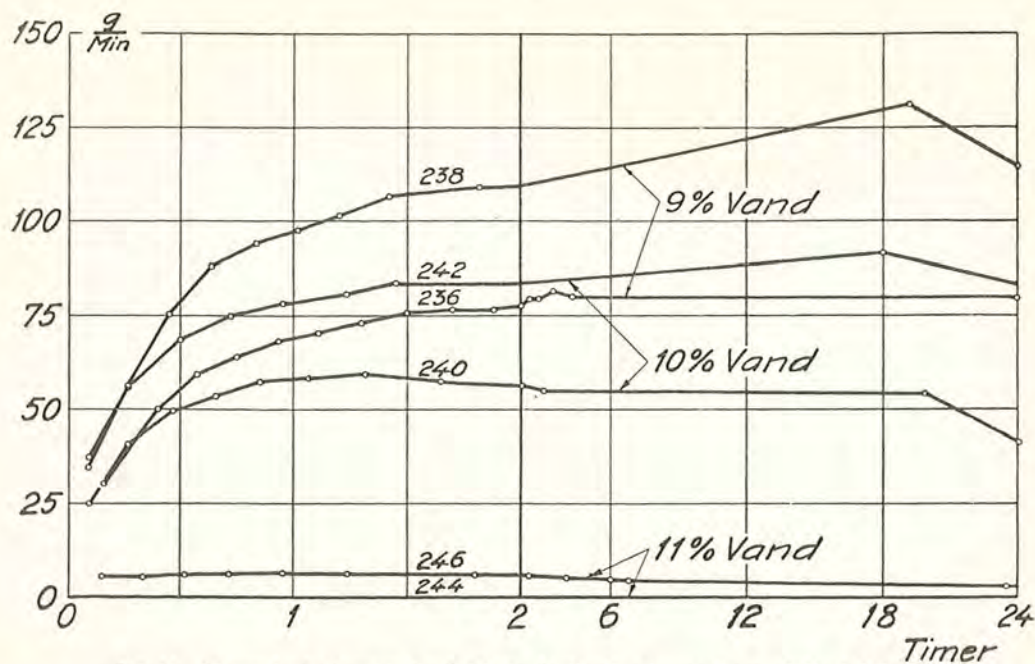


Fig. 15. Strømstyrkekurver for luftlagrede Portlandcementrør af Mortel 1:1 $\frac{1}{2}$.

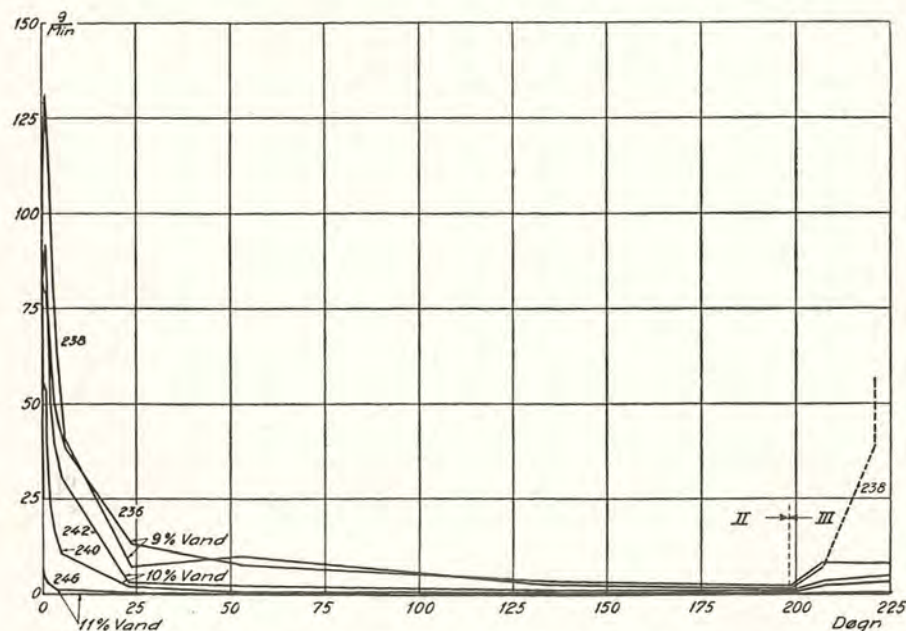


Fig. 16. Strømstyrkekurver for luftlagrede Portlandcementrør af Mortel 1:1 $\frac{1}{2}$.

Rørene en pludselig stærk Stigning i Strømstyrken, saaledes at de bægge maatte udtages. Rørene med 10% Vand forholdt sig paa lignende Maade som Rørene med 9% Vand. Af Rørene med 11% Vand var det ene utæt og efter ca. $\frac{1}{2}$ Times Prøvning vaadt paa hele Ydersiden, der forblev vaad i hele Prøvetiden. Strømstyrken holdt sig, bortset fra det første Døgn, paa smaa Værdier. Det andet Rør var betydeligt tættere; det blev efter nogle Timers Prøvning vaadt paa Størstedelen af Ydersiden, men nogle Maaneder senere havde Røret tættet sig, saa det kun var vaadt paa en smal Bræmme forneden. Strømstyrken naaede kun i de første Prøvemaaneder op paa maalelige Værdier.

Af de vandlagrede Rør med 9% Vand var det ene utæt og efter nogle Timers Prøvning vaadt paa hele Ydersiden, der forblev vaad i de første Prøvemaaneder; derefter blev Røret tørt paa en mindre Del af Ydersiden. Strømstyrken holdt sig hele Prøvetiden paa smaa Værdier. Det andet Rør var betydeligt tættere; det blev i Løbet af de første Timer efter Prøvningens Begyndelse vaadt paa hele Ydersiden, men fik efter nogle Maaneders Prøvning en hvidtør Yderside. Strømstyrken naaede kun i den første Maaned op paa maalelige Værdier. Rørene med 10% Vand forholdt sig paa tilsvarende Maade som Rørene med 9% Vand, idet det ene til Stadighed var noget utæt, og det andet efter et Par Maaneders Prøvning blev tæt. Rørene med 11% Vand var næsten tætte og kun i de første Prøvemaaneder vaade paa Størstedelen af Ydersiden; under Resten af Forsøget var denne hvidtør. Strømstyrken naaede kun i de første Maaneder op paa maalelige Værdier.

(2) Rørenes Holdbarhed.

Fig. 17 viser alle 12 Rør fotograferede efter Forsøgets Afbrudelse i den Stilling, de indtog saavel under Stampningen som under Prøvningen; den mest angrebne Side vender frem. Rørene blev før Fotograferingen afbørstede, hvilket har afsløret de smuldrende Steder; Rørene er paa Fotografiet anbragte i samme Rækkefølge som i Tabel 8 og Fig. 10; af to Rør med ens Støbevandsmængde er altsaa det mindst varige anbragt først.

Det fremgaar af Fotografiet, at Holdbarheden viste sig voksende med Støbevandsprocenten, samt at de vandlagrede Rør var betydelig holdbarere end de tilsvarende luftlagrede. Alle de her omhandlede Rør blev, som nævnt Side 41, stampede paa den Maade, at de enkelte Mørtellag stampedes des mindre, jo højere i Røret de laa, hvorved man tilstræbte at opnaa en mere ensartet Komprimering. At dette blev opnaaet, kan ses paa de tærede Rør, idet Angrebet ikke, som ved Rørene 1:2, fortrinsvis er sket paa den under Stampningen nedadvendende Halvdel.

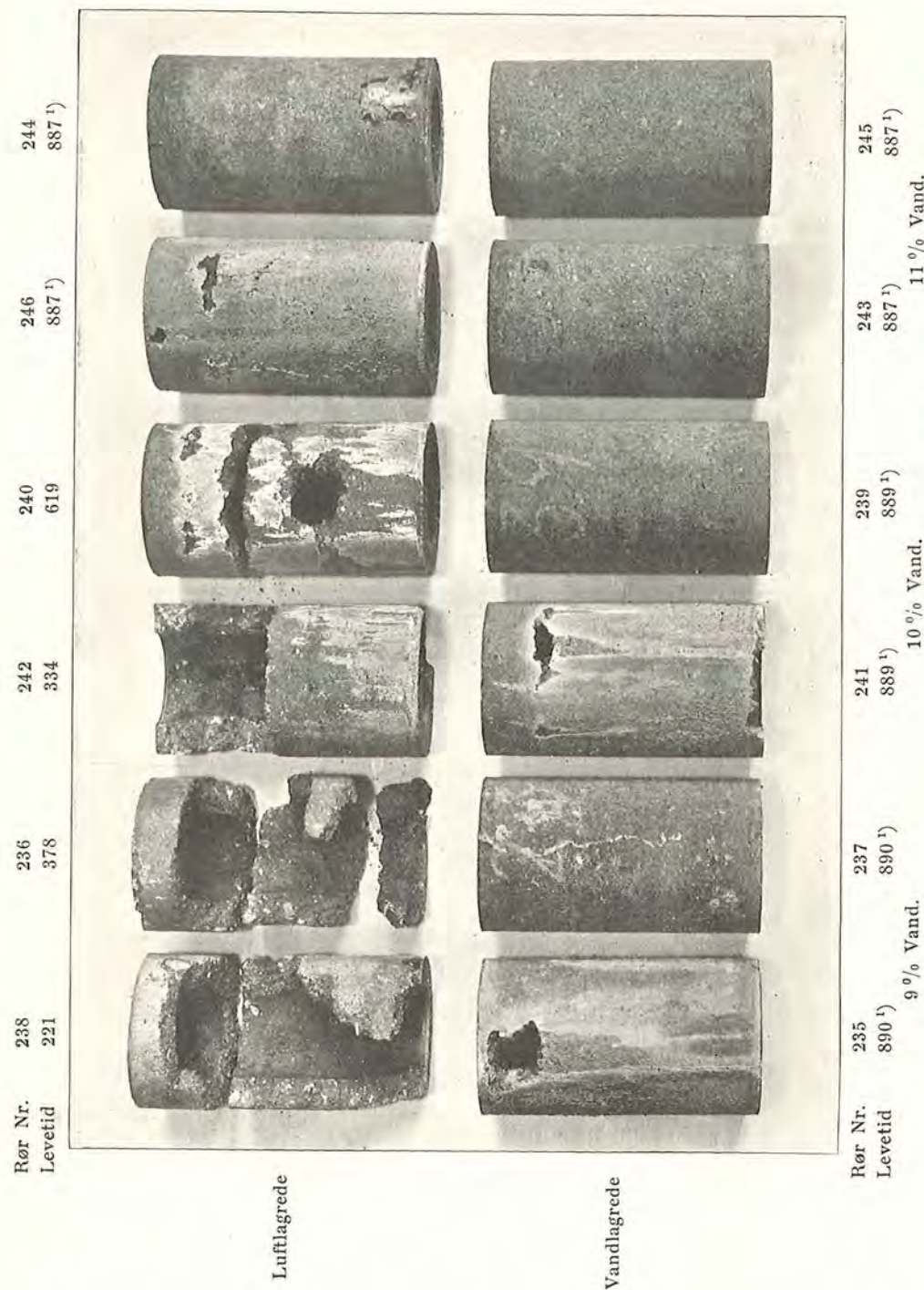


Fig. 17. Portlandcimentrør af Mørtel 1 : 1¹/₂ efter Prøvningen.
¹⁾ Disse Rør holdt Stand i hele Forsøgstiden.

De **luftlagrede** Rør med 9% Vand viste sig ødelagte, det ene efter 7, det andet efter 12 Maaneders Prøvning, idet Vandet sprøjtede ud gennem et Hul i et gennemtæret Parti i Rørvæggen; begge Rørene havde skraa eller lodrette Revner, der skyldtes Indspændingstrykket og det indvendige Vandtryk, som de svækkede Rør ikke har kunnet taale; iøvrigt var de saa tærede langs flere Stampeflader, at Rørvæggen ved Udtagelsen skiltes langs disse, ligesom store Dele af Rørvæggen bortsmuldrede. Rørene med 10% Vand viste sig ødelagte efter ca. 11 og ca. 20 Maaneders Prøvning, det første ved at Vandet sprøjtede ud gennem et Par lodrette Revner i Rørvæggen fremkommet paa samme Maade som nævnt ovenfor, det andet ved at Vandet sprøjtede ud gennem et ret stort Hul omtrent midt paa Røret; Rørene var desuden gennemtærede langs store Dele af enkelte Stampeflader. Rørene med 11% Vand holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse \varnothing : i ca. 2¹/₂ Aar; ved Udtagelsen var det mest utætte gennemtæret langs Dele af en Stampeflade, medens det andet havde en fast Yderside.

De **vandlagrede** Rør holdt alle Stand til Forsøgets Afbrydelse. Af Rørene med 9 og 10% Vand var de to mest utætte Rør ved Udtagelsen gennemtærede enkelte Steder; de to mere tætte Rør havde en fast Yderside. Rørene med 11% Vand havde ligeledes ved Udtagelsen en fast Yderside.

Indersiden af samtlige Rør var overfladisk tæret. Ligesom for Rørene 1 : 2 (Side 36) beregnede og skønnede man den gennemsnitlige Tykkelse af det smuldrende Lag paa eet af de tætteste vandlagrede Rør (Nr. 245), og fandt 0,81 mm svarende til 0,34 mm Tæring pr. Aar.

Paa alle de utætte Rør fandtes meget kraftige **Kalkaflejninger**, mest fremtrædende var de paa de mest utætte luftlagrede Rør med 11% Vand, (Nr. 246) gennem hvilket Vandet sivede ganske langsomt, og hvor Aflejningerne dannede et indtil 2 mm tykt kornet Kalklag. Dette ses ikke særlig tydeligt paa Fotografiet, fordi Kalkaflejningerne paa Rør Nr. 246 havde en rødbrun Farve.

c. OVERSIGT OVER FORSØGSRESULTATERNE.

De prøvede Rør var Portlandcimentrør af Mørtel med $P_c : P_s = 1 : 2$ og $\frac{100 \cdot P_v}{P_c + P_s} = 8, 9, 9,2, 9,5, 10\%$, samt af Mørtel med $P_c : P_s = 1 : 1\frac{1}{2}$ og $\frac{100 \cdot P_v}{P_c + P_s} = 9, 10, 11\%$. Rørenes Rumvægt voksede med Støbevandsmængden (Side 29).

(1) Rørenes Tæthed.

Lagringsmaadens Indflydelse. Ganske som ved de tidligere i »Cementrørs Vandtæthed« (Side 24) offentliggjorte Forsøg fandtes Rør, der var støbt med saa meget Vand, at de straks efter Fremstillingen vanskeligt lod sig afforme, at blive tætte, hvad enten Lagringen foregik i Vand eller i fugtig Luft, hvorimod de Rør, der støbtes med de i Praksis ved Tørstøbning brugelige Støbevandsprocenter blev langt tættere efter Vandlagring end efter Luftlagring.

Støbevandsprocentens Indflydelse. Tætheden hos luftlagrede Rør fremstillede og prøvede under ens Forhold viste sig voksende med Støbevandsprocenten. Dette skyldes for en meget væsentlig Del Støbeskellene. Ved Stampningen af en tør Mørtel bliver Overfladen i hvert Støbeskel nemlig stampet saa fast, at Sandskornene i det paafølgende Lag ikke lader sig stampe ned deri; særlig Støbeskellene bliver derfor porøse, naar Mørtlen er tør, medens de i højere og højere Grad faar samme Tæthed som den øvrige Mørtel, naar Støbevandsprocenten øges.

For de vandlagrede Rør af Mørtel 1 : 2 kunde nævnte Lov kun paa-vises, naar Støbevandsprocenten var ringe, idet kun Rørene med 8 % Vand var utætte, medens Rørene med 9, 9,5 og 10 % Vand var saa tætte, at Strømstyrken ikke kunde maales. Alle disse sidste Rør havde ved Forsøgets Afbrydelse efter indtil $3\frac{1}{4}$ Aars Forløb en hvidtør Yderside. Ved Vandlagringen opnaas altsaa en Tætning af de porøse Støbeskel. Af Rørene med 9,2 % Vand, der blev prøvede under noget ugunstigere Forhold end Rørene med 9, 9,5 og 10 % Vand, forholdt det ene sig som disse, medens det andet ikke var helt tæt. For de vandlagrede Rør af Mørtel 1 : $1\frac{1}{2}$ kunde Loven ogsaa kun delvis paavises. Intet af disse Rør var fuldkomment tæt, men de var alle meget nær ved at være det, navnlig de vaadest støbte (11 % Vand).

Cementholdighedens Indflydelse. Ved Sammenligningen af Rør, der er prøvede i forskellige Forsøgsperioder, er der i det følgende kun taget Hensyn til de i de første Prøvetimer maalte Strømstyrker, idet Virkningen af forskelligt Kulsyreindhold i Vandet indtil da tør antages at være betydningsløs.

Var Støbevandsprocenten den samme, viste Rør 1 : 2 sig tættere end Rør 1 : $1\frac{1}{2}$, saavel naar de prøvedes i forskellige (Tabel 5 og 8) som i samme Periode (Tabel 6 og 8).

Var Vand-Cement-Forholdet det samme, viste Rør 1 : 2 og 1 : $1\frac{1}{2}$ sig omtrent lige tætte (Tabel 5 og 8 og Tabel 6 og 8; Rør med 9,2 % Vand undtages p. G. a. deres ugunstigere Stilling i Forsøgsapparatet); prøvedes de i samme Forsøgsperiode (Tabel 6 og 8) var Rørene 1 : 2

dog ogsaa i dette Tilfælde tættest. Ved Bedømmelsen maa det erindres, at Rørene 1 : 2 og 1 : $1\frac{1}{2}$ med samme Vand-Cement-Forhold ikke var lige gamle, men dette har næppe været af stor Betydning, thi ved den ene Sammenligning (Tabel 5 og 8) var Mørtlerne 1 : 2 de yngste (140 Døgn mod 225 Døgn), og ved den anden Sammenligning (Tabel 6 og 8) var Mørtlerne 1 : 2 de ældste (350 Døgn mod 225 Døgn).

Forsøgene synes at vise, at man ikke opnaar en bedre Rørkvalitet ved at gøre Mørtlerne cementrigere end svarende til Blandingsforholdet 1 : 2, i alt Fald ikke, naar man arbejder med en Sandkvalitet som den anvendte.

At magre Mørtler som 1 : 4 viste sig meget utætte omtales Side 59.

(2) Rørenes Holdbarhed.

Holdbarheden varierede som Regel paa samme Maade som Tætheden (se Fig. 10):

Lagringsmaadens Indflydelse. Vandlagring medførte langt større Holdbarhed end Luftlagring.

Støbevandsprocentens Indflydelse. Holdbarheden for enslagrede Rør voksede med Støbevandsprocenten.

Cementholdighedens Indflydelse. Luftlagrede Rør 1 : 2 var mere holdbare end luftlagrede Rør 1 : $1\frac{1}{2}$. Vandlagrede Rør 1 : 2 med 9 % Vand eller mere holdt alle paa een Undtagelse nær (med 9,2 % Vand) Stand til Forsøget blev afbrudt (efter 651—1153 Døgn) og var da hvidtørre paa Ydersiden. Vandlagrede Rør 1 : $1\frac{1}{2}$ holdt ligeledes Stand til Forsøgets Afbrydelse (efter 887—890 Døgn) og var da paa to Undtagelser nær (med 9 % og 10 % Vand) hvidtørre paa Ydersiden. Var Forsøget blevet fortsat, vilde de hvidtørre Rør 1 : $1\frac{1}{2}$ og 1 : 2 utvivlsomt have vist samme Levetid.

Man tør gaa ud fra, at Rør, som de der ved Forsøgets Afslutning havde en hvidtør Overflade, i mange Aar vil kunne taale at ligge i eller at føre kulsyrerigt Vand, idet de kun vil tæres overfladisk. For et enkelt Forsøgsrør 1 : 2 skønnedes Tæringen til 0,22 mm aarlig, for et enkelt Rør 1 : $1\frac{1}{2}$ til 0,34 mm aarlig, altsaa 55 % mere. Da det cementrigeste Rør maa antages at have den cementrigeste Overflade, er det meget naturligt, at det tæres mest, men det maa dog utvivlsomt bero paa en Tilfældighed, at Forskellen er fundet saa stor.

2. Molerementrør.

a. FORSØGSBESKRIVELSE.

Med Rør af Molerementmørtel udførtes en enkelt Forsøgsrække (se Tabel 9). For Rørene med 9 og 10% Vand paabegyndtes Forsøget i Forsøgsperiode II, medens der først i Forsøgsperiode III blev Plads til Opstilling af Rørene med 11% Vand (se Fig. 10).

TABEL 9.

Vægtforholdet mellem Molerement og Sand: $P_c : P_s = 1 : 2$.
Rørenes Stampemaade: 7 Ifyldninger med aftagende Antal Stamp efter hver Ifyldning.

$100 P_v : (P_c + P_s)$		9 %	10 %	11 %
$P_v : P_c$		0,27	0,30	0,33
Antal Rør	luftlagrede	2	2	2
	vandlagrede	2	2	2
Opstillede i Periode		II		III

Mørtlerne med 9 og 10% Vand gjorde ved Udstøbningen et tørrere Indtryk end Portlandcementmørtlerne 1:2 med samme Vandprocent.

Rørene med 11% Vand kan ikke direkte sammenlignes med de øvrige, da de var væsentlig ældre og udelukkende blev prøvede i den kulsyrerige Forsøgsperiode III.

(1) Rørenes Tæthed.

I Tabel 10 er indført Oplysninger om de enkelte Rør. I Tabel 10a er indført Middelværdierne af de i Tabel 10 for 2 ens Rør angivne Værdier af Middelstrømstyrken.

Det fremgaar af Tabellerne, at vandlagrede Rør viste sig langt tættere end tilvarende luftlagrede. Modsat Portlandcementrørene, var Rørene med 9% Vand, α : de vandfattigste, her de tætteste.

Paa Fig. 18 er vist Strømstyrke-Tid-Kurverne i de første 24 Timer for de luftlagrede Rør; øverst for Rørene med 9 og 10% Vand, hvis Prøvning paabegyndtes i Forsøgsperiode II, og derunder for Rørene med 11% Vand, hvis Prøvning paabegyndtes i Forsøgsperiode III.

Af Kurverne ser man, at for Rørene med 11% Vand er Strømstyrken i Begyndelsen aftagende; at dette ikke er fundet for Rørene med 9 og

TABEL 10.
Molerementrør af Mørtel 1:2.

Lagrede 2'-28' Døgn i	Fugtig Luft						Vand					
	9 0,27	10 0,30	11 0,33	9 0,27	10 0,30	11 0,33	9 0,27	10 0,30	11 0,33	9 0,27	10 0,30	11 0,33
100 $P_v : (P_c + P_s)$ $P_v : P_c$	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Alder i Døgn ved Prøvningsbegyndelse	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Rør Nr.	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Tiden indtil første Fugtighed saas paa Ydersiden	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Middelstrømstyrke i g/Min.	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Middelstrømstyrke i g/Min.	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Tid i hele Levetiden	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Levetid i Døgn	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	
Holdbarhed	250		252		254		248		249		251	
	238		238		238		238		238		238	

*) Disse Rør holdt Stand i hele Forsøgstiden.

TABEL 10 a.
Moler cementrør af Mørtel 1:2.

Lagrede 2'—28' Døgn i		Fugtig Luft			Vand		
$100 P_v : (P_c + P_s)$		9	10	11	9	10	11
$P_v : P_c$		0,27	0,30	0,33	0,27	0,30	0,33
Alder i Døgn ved Prøvningens Begyndelse		238	238	441	238	238	441
Middelstrømstyrke i g/Min.	2 Tim.	7,40	39,00	13,50	0,01	0,04	0,03
	24 Tim.	16,50	53,00	29,00	0,05	0,15	0,11
	7 Døgn	16,00	50,50	42,00	0,09	0,16	0,50
	28 Døgn	12,90	73,50		0,06	0,22	1,21
	182 Døgn	(9,60)			0,04	0,22	1,60
	365 Døgn				0,08	0,36	1,95
	730 Døgn				0,34		
I hele Levetiden		9,58	82,00	34,00	0,37	1,38	5,77
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg		1870	4310	565	457	1245	5265

() om et Tal betyder, at det kun gælder for eet Rør, da det andet er ødelagt.

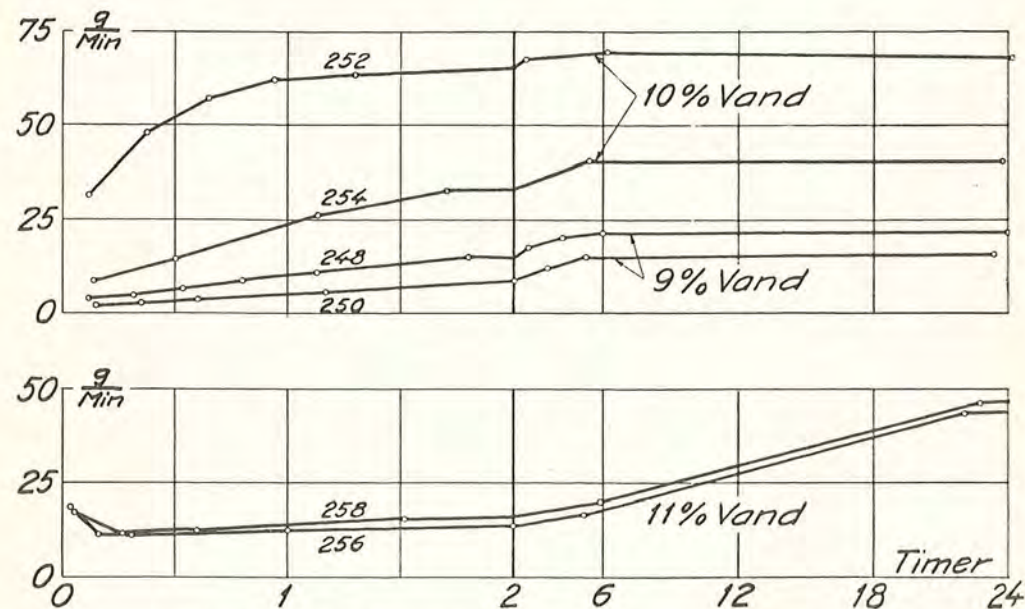


Fig. 18. Strømstyrkekurver for luftlagrede Moler cementrør af Mørtel 1:2.

10% Vand kan muligvis skyldes, at første Maaling for disses Vedkommende blev foretaget noget senere end for Rørene med 11% Vand.

Paa Fig. 19 er vist Strømstyrke-Tid-Kurverne i Størstedelen af Prøvetiden for de luftlagrede Rør med 9 og 10% Vand. Man ser her den pludselige Stigning i Strømstyrken, der indvarsler Rørenes Ødelæggelse.

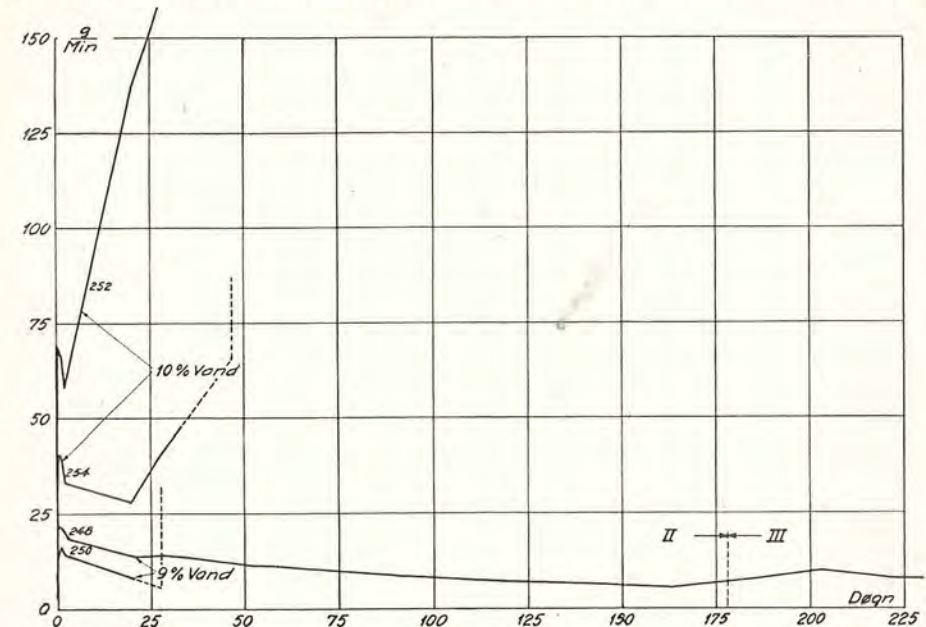


Fig. 19. Strømstyrkekurver for luftlagrede Moler cementrør af Mørtel 1:2.

De luftlagrede Rør med 9% Vand var utætte og efter ca. 5 Minutters Prøvning vaade paa hele Ydersiden, der forblev vaad i hele Prøvetiden. Strømstyrken var i det første Døgn voksende og derefter langsomt aftagende for begge Rør. For det ene Rør indtraadte efter kort Tids Prøvning pludselig en stærk Stigning i Strømstyrken, saaledes at Røret maatte udtages. For det andet Rør indtraadte en lignende Stigning først efter Overgangen til Forsøgsperiode III. Rørene med 10% Vand var noget mere utætte, men forholdt sig ellers paa lignende Maade som Rørene med 9% Vand. Rørene med 11% Vand (først opstillede i Forsøgsperiode III) var utætte og efter faa Minutters Prøvning vaade paa hele Ydersiden, der forblev vaad i hele Prøvetiden. Strømstyrken var i Begyndelsen aftagende, derefter voksende i et Par Døgn og derefter atter aftagende, indtil der efter faa Døgn Prøvning pludselig indtraadte en stærk Stigning, saaledes at Rørene maatte udtages.

I alle de luftlagrede Rør opstod der henimod Slutningen af deres Levetid een eller flere lodrette Revner hidrørende fra, at de tærede Rør

ikke længere kunde modstaa den forenede Virkning af Indspændings-trykket og det indvendige Vandtryk.

De **vandlagrede** Rør med 9% Vand var i ringe Grad utætte; efter nogle Timers Prøvning var dog hele Ydersiden vaad. For det ene Rør blev Ydersiden efter ca. 1 Aars Prøvning tør med Undtagelse af en lille Plet forneden. Strømstyrken holdt sig i de første Maaneder paa smaa Værdier, men blev derefter i Størstedelen af Prøvetiden svagt stigende for til Slut at aftage. Det andet Rør fik efter ca. 1 Aars Prøvning en hvidtør Yderside. Strømstyrken naaede kun i de første Maaneder op paa maalelige Værdier. Rørene med 10% Vand var noget mere utætte og efter et Par Timers Prøvning vaade paa hele Ydersiden, der forblev vaad i hele Prøvetiden. Strømstyrken var langsomt voksende, og efter ret lang Tids Prøvning indtraadte pludselig en stærk Stigning, saaledes at Rørene maatte udtages. Rørene med 11% Vand (først opstillede i Forsøgsperiode III) var utætte og efter et Par Timers Prøvning vaade paa hele Ydersiden, der forblev vaad hele Prøvetiden. For det ene af disse Rør var Strømstyrken langsomt voksende i Størstedelen af Prøvetiden; nogle Maaneder før Forsøgets Afbrydelse blev Strømstyrken stærkt voksende, saaledes at Røret maatte udtages. For det andet Rør var Strømstyrken snart voksende, snart aftagende; den holdt sig paa smaa Værdier.

(2) Rørenes Holdbarhed.

Fig. 20 viser de 12 Rør fotograferede efter Forsøgets Afbrydelse i den Stilling, de indtog saavel under Stampningen som under Prøvningen; den mest angrebne Side vender frem. Rørene blev før Fotograferingen afbørstede, hvilket har afsløret de smuldrende Steder. Rørene er paa Fotografiet anbragte i samme Rækkefølge som i Tabel 10 og Fig. 10; af 2 Rør med ens Støbevandsmængde er altsaa det mindst varige anbragt først.

Det fremgaar af Figuren, at et enkelt af de vandlagrede Rør havde en helt ubeskadiget Yderside, alle de øvrige Rør var mere eller mindre gennemtærede. Modsat Portlandcimentrørene var det her et af de vandfattigste Rør, der viste sig mest holdbart. Som nævnt under (1) havde alle de luftlagrede Rør een eller flere lodrette Revner ved Udtagelsen, ligesom Tilfældet havde været med nogle af de luftlagrede Portlandcimentrør 1:1½. I det hele taget var der Lighed mellem Udseendet af de ødelagte Rør af henholdsvis Molerementmørtel 1:2 og Portlandcimentmørtel 1:1½.

Af de **luftlagrede** Rør med 9% Vand viste det ene sig ødelagt efter ca. 1 Maanedes Prøvning, idet Vandet da sprøjtede ud gennem en lod-

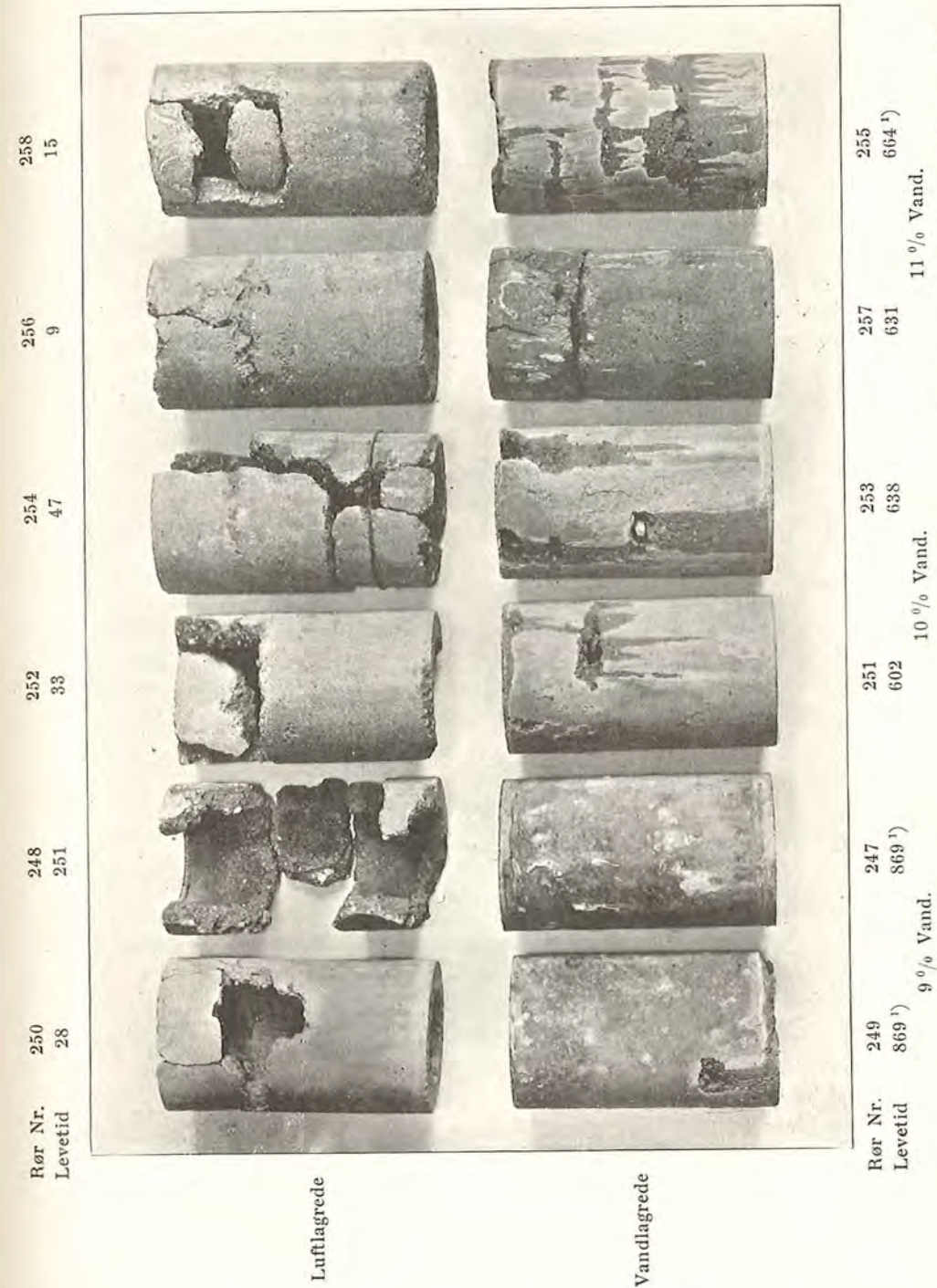


Fig. 20. Molerementrør af Mørtel 1:2 efter Prøvningen.

ret Revne i Rørvæggen; Røret var gennemtæret langs Dele af enkelte Stampeflader, men Størstedelen af Ydersiden var fast. Det andet Rør viste sig ødelagt efter ca. 8 Maaneders Prøvning, idet Vandet da sprøjtede ud gennem et Hul; Røret var som det fremgaar af Fotografiet meget stærkt tæret, og det brækkede i flere Stykker ved Udtagelsen. Rørene med 10 % Vand viste sig ødelagte efter henholdsvis ca. 1 og ca. 1½ Maanedes Prøvning, idet Vandet da sprøjtede ud gennem lodrette Revner i Rørvæggen; bægge Rørene var gennemtærede langs Dele af de fleste Stampeflader samt langs Dele af Endefladerne. Rørene med 11 % Vand forholdt sig paa lignende Maade som Rørene med 10 % Vand, blot ødelagdes de endnu hurtigere.

De **vandlagrede** Rør med 9 % Vand holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse, σ : ca. 2½ Aar; ved Udtagelsen var det ene (Nr. 249) gennemtæret et enkelt Sted i een af de nederste Stampeflader samt langs en Del af nedre Endeflade, medens det andet havde en fast Yderside. Rørene med 10 % Vand viste sig ødelagt efter ca. 20 og ca. 21 Maaneders Prøvning, idet Vandet da sprøjtede ud gennem et Hul i en gennemtæret Del af en Stampeflade; Rørene var ogsaa gennemtærede langs mindre Dele af andre Stampeflader samt af Endefladerne, men Størstedelen af Ydersiderne var iøvrigt fast. Af Rørene med 11 % Vand viste det ene (Nr. 257) sig helt ødelagt efter ca. 21 Maaneders Prøvning, idet Vandet da sprøjtede ud gennem et Hul i en gennemtæret Stampeflade; Røret, der var stærkt tæret, skiltes langs denne Stampeflade ved Udtagelsen. Det andet Rør holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse, σ : ca. 22 Maaneder; ved Udtagelsen viste det sig gennemtæret langs Dele af 3 Stampeflader samt af øvre Endeflade.

Indersiden af samtlige Rør var mere eller mindre stærkt tæret. Ligesom for Rørene af Portlandcementmørtel undersøgte man den overfladiske Tæring paa det eneste Rør, der ikke var gennemtæret (Nr. 247). Den gennemsnitlige Tykkelse af det tærede Lag var 0,56 mm, svarende til ca. 0,24 mm Tæring pr. Aar.

Paa de vandlagrede Rør med 10 og 11 % Vand var Ydersiden dækket af et tyndt **Kalklag**, der kun manglede udfor og nedenfor de gennemtærede Steder paa Rørvæggen, altsaa paa Steder, hvor Vandet havde flydt saa rigeligt, at det havde bevaret sin kalkopløsende Evne. Rør Nr. 257 var kalkfrit paa den fotograferede Flade, over hvilken Vandet havde flydt rigeligt.

b. OVERSIGT OVER FORSØGSRESULTATERNE.

De prøvede Rør var Molerementrør fremstillede af Mørtel med $P_c : P_s = 1 : 2$ og $\frac{100 P_v}{P_c + P_s} = 9, 10, 11\%$.

Lagringsmaadens Indflydelse. Vandlagrede Rør viste sig langt tættere og holdbarere end tilsvarende luftlagrede (se Side 26).

Støbevandsprocentens Indflydelse. Saavel luftlagrede som vandlagrede Rør med 9 % Vand var tættere og holdbarere end tilsvarende med 10 % Vand. Rørene med 11 % Vand kan ikke direkte sammenlignes med de øvrige. Trods deres større Alder er de lige fra Begyndelsen utættere end Rørene med 9 % Vand. De fandtes ogsaa mindre holdbare, men dette kan dog skyldes, at de er opstillede i den kulsyrerige Periode III.

Sammenligning med Portlandcementrørene. Medens Portlandcementrørenes Vandtæthed voksede med Støbevandsprocenten, viste de vandfattigste Molerementrør sig tættest. Dels af denne Grund, dels fordi Molerementrørene blev stampede paa en bedre Maade og havde en anden Alder end Portlandcementrørene 1:2, er en Sammenligning af Vandtæthederne unyttig.

Hvad Holdbarheden angaar, kan der til Trods for de noget uens Forsøgsbetingelser næppe være Tvivl om, at Molerementrørene staar tilbage for Portlandcementrørene.

3. Imprægnerede Portlandcementrør.

Forsøgene med imprægnerede Rør falder i 2 Grupper:

- a. Rør af Mørtel 1:4 trykimprægnerede med Asfalt (Side 57).
- b. » » » 1:5 dyppede i eller strøgne med Tjære (Side 72).

En samlet Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 80.

a. RØR AF MØRTEL 1 : 4 TRYKIMPRÆGNERET MED ASFALT.

α. OVERSIGT OVER FORSØGSRÆKKEN.

Til disse Forsøg anvendtes tørstøbte, cementfattige Portlandcementrør, da disse i højere Grad end cementrige er egnede til at vise en Imprægnerings mulige Fordele. Af samme Grund anvendtes udeluk-

kende luftlagrede Rør. Der udførtes to Forsøgsrækker (se Tabel 11); Prøvningen paabegyndtes for dem bægge i Forsøgsperiode II, men paa forskellige Tidspunkter.

TABEL 11.

Rør trykimprægneret med Asfalt.

$$\text{Blandingsforhold: } \frac{P_c}{P_s} = \frac{1}{4} \quad \frac{100 \cdot P_v}{P_c + P_s} = 7,2 \quad \frac{P_v}{P_c} = 0,36.$$

Stampemaade: 7 Ifyldninger med aftagende Antal Stamp efter hver Ifyldning.

Lagringsmaade for Imprægneringen:

7F + 21L (3:7 Døgn i fugtig Luft + 21 Døgn i Laboratorieluft).

Rør imprægnerede under forskellige Tryk (Afsnit β).				
Imprægneringstryk	Uimprægneret	1/2 at	4 at	6 at
Antal Rør (luftlagrede)	2	2	2	2
Rør imprægnerede med forskellige Asfalter (Afsnit γ).				
Asfaltens Penetrationstal	Uimprægneret	200	150	100
Antal Rør (luftlagrede)	2	2	2	2

De anvendte Asfalter leveredes af Direktør K. W. Nielsen, København, der angav, at de var fremstillet ved kunstig Iltning af raa mexikansk Asfaltolie. Ved de under β omhandlede Forsøg anvendtes Asfalt med Penetration 100, medens Imprægneringstrykket varierede; ved de under γ omhandlede Forsøg anvendtes 3 Asfalter med forskellig Penetration, medens Imprægneringstrykket holdtes konstant.

Penetrationen er angivet ved den Dybde maalt i $\frac{1}{100}$ cm, hvortil en 1 mm tyk Naal med en Spids af bestemt Form under en Last af 100 g i Løbet af 5 Sekunder trænger ned i den til en Temperatur af 25° C. opvarmede Asfalt, alt i Overensstemmelse med de af Vejkomitéen opstillede Normer (se Vejkomitéens Skrift Nr. 9, 1930).

β. RØR IMPRÆGNEREDE UNDER FORSKELLIGE TRYK.

(1) Imprægneringen.

Efter at Rørene var lagret som angivet i Tabel 11 foretoges Imprægneringen $\frac{22}{9}$ 1930 hos Asfaltens Leverandør. Rørene anbragtes to ad Gangen i en Autoklav, og i denne frembragtes et Undertryk, der holdtes i 20 Min. ved en Temperatur af 80° C. Derefter fyldtes Autoklaven med ca. 160° varm Asfalt, hvorved Temperaturen steg til 125° C. Trykket i Autoklaven øgedes derefter, indtil der naaedes et Overtryk af henholdsvis 1/2 at, 4 at og 6 at ved de tre Imprægneringer; Temperaturen

øgedes samtidig til 160° C. Trykket holdtes i 20 Minutter ved 1/2 at og 4 at, i 30 Minutter ved 6 at, hvorefter Asfalten pressesedes ud af Autoklaven, og Rørene toges op.

(2) Rørenes Tæthed.

Efter Imprægneringen henlaa Rørene 8 Døgn i Laboratoriets Luft, og derefter indsattes de i Prøveapparatet.

Rørene prøvedes først 50 Døgn — 1' Prøvning — i Forsøgsperiode II, hvorefter de blev udtagne for at give Plads til Prøvning af de under γ omhandlede Rør. Medens disse blev prøvede, henstod Rørene i en lukket Flaske dækkede af Vand, hen over hvis Overflade der ledtes Kulsyre under 1,2 at Tryk. Vandet fornyedes 2 Gange, og hver Gang var der opløst en Del Kalk i det, antagelig udelukkende stammende fra de to uimprægnerede Rør. Efter 56 Døgns Henstand i Flasken og derefter 11 Døgn i almindeligt Vand indsattes Rørene atter i Prøveapparatet, stadig i Forsøgsperiode II. I det første Døgn stod Rørene uden indvendigt Vandtryk, hvorved Overfladen tørrede, derpaa begyndte 2' Prøvning, der varede 57 Døgn.

I Tabel 12 er indført Oplysninger om de prøvede Rør. I Tabel 12a er indført Middelværdierne af de i Tabel 12 angivne Middelstrømstyrker for 2 ens Rør. Det ses, at de imprægnerede Rør viste sig langt tættere end de uimprægnerede. Tabellerne viser ikke nogen lovmæssig Sammenhæng mellem de imprægnerede Rørs Tæthed (Middelstrømstyrker) og Imprægneringstrykket, saaledes at dettes Størrelse synes at være af underordnet Betydning for den ved Imprægneringen opnaaede Tæthedsforøgelse.

De **uimprægnerede** Rør var meget utætte og fik næsten øjeblikkelig en vaad Yderside, Strømstyrken var i de første Minutter stærkt stigende. Paa Grund af Rørvæggens store Utæthed faldt Trykket i disse Rør efter faa Minutters Prøvning til 175 cm Vandsøjle, og for at holde Trykket paa 2 m i de øvrige Rør var det nødvendigt kort efter Prøvningens Begyndelse at lukke Hanen paa de her omtalte Rør saa meget, at Trykket reduceredes til 10—20 cm Vandsøjle. Næste Dag aabnedes Hanen helt i nogle Minutter, hvorved Trykket steg til ca. 180 cm. I de følgende 27 Døgn var Trykket reduceret, undertiden til 10—20 cm for det meste til 100 cm Vandsøjle. Herefter hævedes Trykket til 200 cm og holdtes paa denne Højde i Resten af de 50 Døgn, med Undtagelse af 7 Døgn, hvor Trykket var 100 cm.

De i Tabellerne 12 og 12a angivne Middelstrømstyrker er udregnede paa Grundlag af de Maalinger, der foretoges, medens Trykket var 175—200 cm. Rørene tættede sig stærkt under Prøvningen, men var dog

TABEL 12.

Imprægnerede Rør af Mørtel 1:4.

Lagrede 1'—28' Døgn i		7 F + 21 L							
100 $P_v : (P_c + P_s)$ $P_v : P_c$		7,2 0,36							
Imprægneringstryk		Uimprægnerede		1/2 at		4 at		6 at	
Alder i Døgn ved 1' Prøvnings Begyndelse		36		36		36		36	
Rør Nr.		262	263	259	266	260	265	261	264
1' Prøvning	Tiden indtil første Fugtighed saas paa Ydersiden	0 Min.	0 Min.	0 Min.	0 Min.	0 Min.	0 Min.	0 Min.	0 Min.
	Middelstrømstyrke i g/Min. i de første	ca. 1530	ca. 1100	17,80	2,42	25,00	22,50	5,50	6,69
	2 Tim.	- 1600	- 1160	18,50	2,90	25,90	23,00	5,90	7,40
	24 Tim.	- 1390	- 994	13,80	2,06	17,60	15,64	3,78	5,26
	7 Døgn	- 750	- 536	6,25	1,27	8,32	7,38	1,49	2,20
	28 Døgn	- 468	- 348	4,16	0,89	5,59	4,35	0,93	1,39
	50 Døgn								
	Totale gennemstrømmede Vandmængde kg	33700	25000	300	64	402	313	67	100
	1' Prøvnings Varighed i Døgn (Forsøgsperiode II)	50	50	50	50	50	50	50	50
I Flaske med kulsyreholdigt Vand, Døgn		56	56	56	56	56	56	56	56
I almindeligt Vand, Døgn		11	11	11	11	11	11	11	11
2' Prøvning	Tiden indtil første Fugtighed saas paa Ydersiden	0 Min.	0 Min.	1/2 Min.	1/2 Min.	1 Min.	1/2 Min.	1 Min.	8 Min.
	Middelstrømstyrke i g/Min. i de første	300	370	0,39	0,00	0,14	0,25	0,11	0,00
	2 Tim.	250	300	0,36	0,00	0,12	0,23	0,11	0,01
	24 Tim.	164	188	0,27	0,01	0,07	0,14	0,08	0,04
	7 Døgn	93	105	0,10	0,01	0,02	0,06	0,04	0,04
	28 Døgn	64	71	0,06	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02
	50 Døgn								
	Totale gennemstrømmede Vandmængde kg	4600	5100	4,3	0,7	0,7	2,9	2,2	1,4
	2' Prøvnings Varighed i Døgn (Forsøgsperiode II)	57	57	57	57	57	57	57	57
Totale gennemstrømmede Vandmængde ialt i kg		38300	30100	304	65	403	316	69	101

TABEL 12 a.

Imprægnerede Rør af Mørtel 1:4.

Lagrede 1'—28' Døgn i		7 F + 21 L				
100 $P_v : (P_c + P_s)$ $P_v : P_c$		7,2 0,36				
Imprægneringstryk		Uimprægnerede	1/2 at	4 at	6 at	
Alder i Døgn ved 1' Prøvnings Begyndelse		36	36	36	36	
1' Prøvning	Middelstrømstyrke i g/Min. i de første	2 Tim.	ca. 1315	10,11	23,75	6,10
		24 Tim.	- 1380	10,70	24,45	6,65
		7 Døgn	- 1192	7,72	16,62	4,52
		28 Døgn	- 643	3,76	7,85	1,90
		50 Døgn	- 408	2,53	4,97	1,16
		Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg	29350	182	358	84
	1' Prøvnings Varighed i Døgn (Forsøgsperiode II)	50	50	50	50	
I Flaske med kulsyreholdigt Vand, Døgn		56	56	56	56	
I almindeligt Vand, Døgn		11	11	11	11	
2' Prøvning	Middelstrømstyrke i g/Min. i de første	2 Tim.	335	0,20	0,20	0,06
		24 Tim.	275	0,18	0,18	0,06
		7 Døgn	176	0,14	0,11	0,06
		28 Døgn	99	0,06	0,04	0,04
		50 Døgn	68	0,04	0,03	0,03
	Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg	4850	2,5	1,8	1,8	
	2' Prøvnings Varighed i Døgn (Forsøgsperiode II)	57	57	57	57	
Totale gennemstrømmede Vandmængde ialt i kg		34200	185	360	85	

ved 1' Udtagelse endnu meget utætte. Ved Genindsætningen i Prøveapparatet efter Henstanden i Flasken med kulsyreholdigt Vand var Rørene blevet mere utætte (se Tabel 13), og saa svage, at de knustes lidt for ned, før Tilspændingen var drevet saa vidt som ved de andre Rør. Knusningerne var dog ikke mere omfattende, end at det meste Vand strømmede gennem Rørvæggen paa de ikke knuste Steder. Rørenes større Utæthed ved 2' Prøvnings Begyndelse skyldes utvivlsomt ikke

blot de nævnte Knusninger, men ogsaa, at den øvrige Del af Røret er blevet porøsere ved at ligge i det kulsyrerige Vand. Ligesom ved 1' Prøvning tættede Rørene sig stærkt under Prøvningen.

De **imprægnerede** Rør var mange Gange tættere end de uimprægnerede, men de fik dog næsten øjeblikkelig en vaad Yderside. I det første Døgn voksede Strømstyrken ganske lidt, men derefter tættede Rørene sig. Fig. 21 viser Strømstyrke-Tid-Kurverne for de imprægnerede

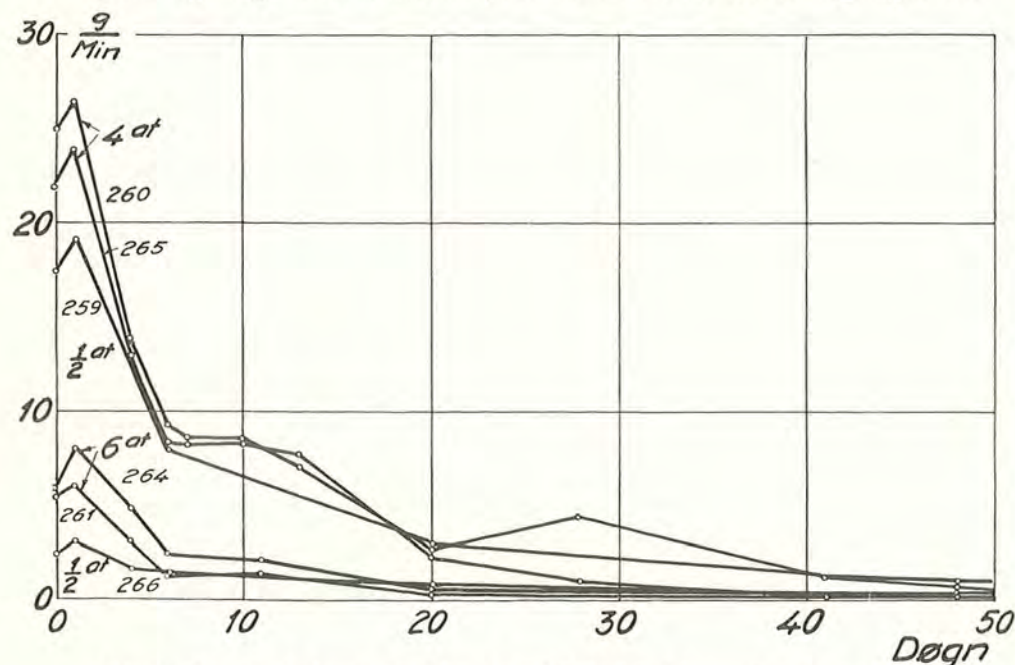


Fig. 21. Strømstyrkekurver for Rør af Mortel 1:4 trykimprægnerede med Asfalt.

Rør under 1' Prøvning, og man ser den stærke Tætning. Intet af Rørene blev helt tæt i Løbet af de 50 Døgn. I Flasken med kulsyrerigt Vand var alle Rørene undtagen Nr. 265 blevet tættere (se Tabel 13).

Ved Forsøgets Afbrydelse efter 2' Prøvning var alle Rørene næsten tætte; eet af Rørene (Nr. 261) havde en helt tør Yderside, de øvrige Rør var vaade paa mindre Dele af Ydersiden, men Strømstyrken var saa ringe, at den kun for eet af Rørene (Nr. 265) kunde maales.

De maalte Strømstyrker ved Slutningen af 1' Prøvning samt ved Begyndelsen af 2' Prøvning er indført i Tabel 13.

Som man ser, er de uimprægnerede Rørs Tæthedsforringelse i Flasken med kulsyrerigt Vand meget udpræget. Forklaringen paa denne Tæthedsforringelse er givet ovenfor. Tætningen af de imprægnerede Rør skyldes formentlig Svulmning af Cementen.

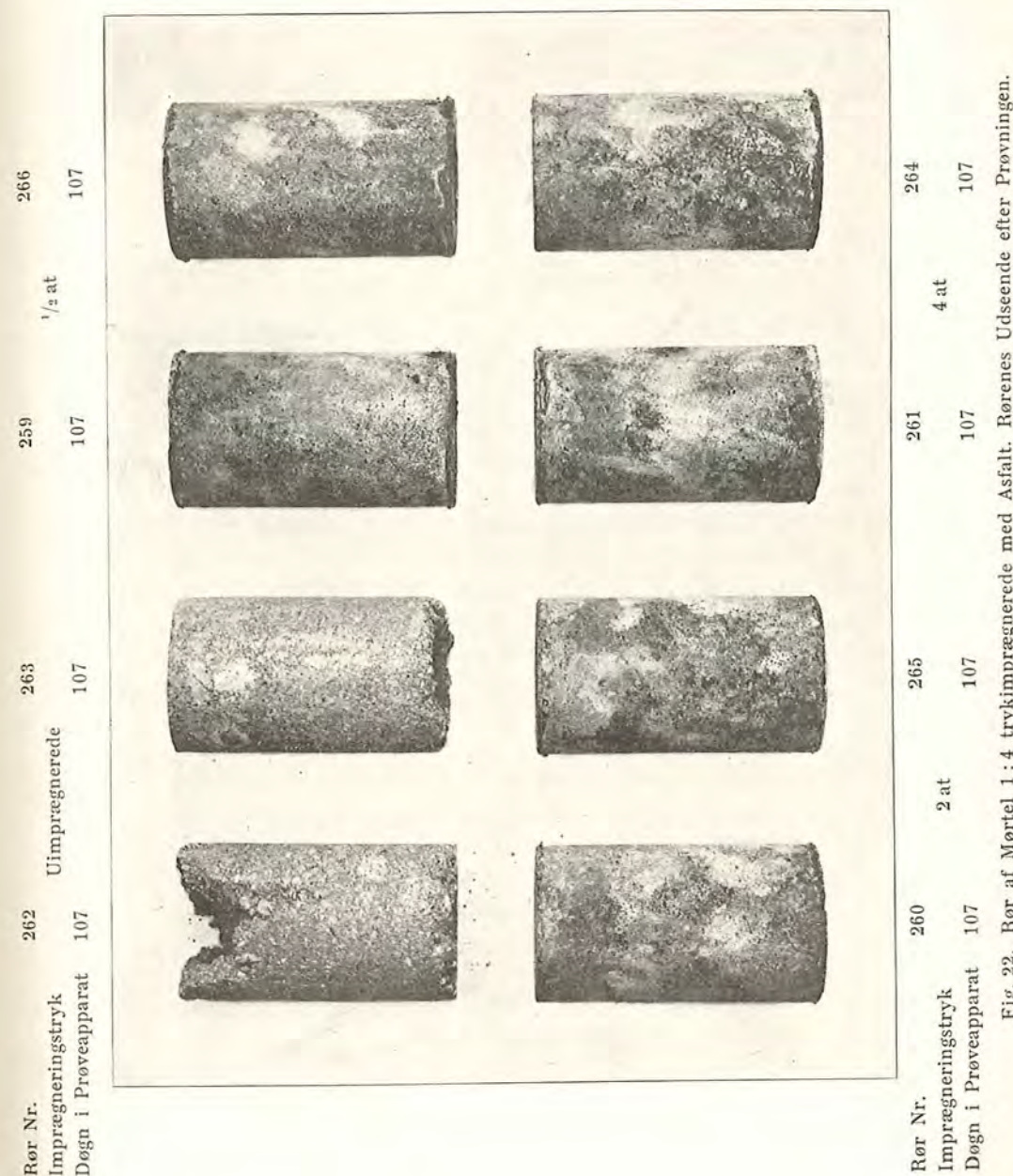


Fig. 22. Rør af Mortel 1:4 trykimprægnerede med Asfalt. Rørenes Udseende efter Prøvningen.

TABEL 13.

Imprægneringstryk	Maalt Strømstyrke i g/Min.							
	Uimprægnerede		1/2 at		4 at		6 at	
Rør Nr.	262	263	259	266	260	265	261	264
1' Prøvnings Slutning	50	36	0,8	0,3	0,8	0,2	0,2	0,3
2' Prøvnings Begyndelse	279	358	0,4	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0

(3) Rørenes Holdbarhed.

Fig. 22 viser alle 8 Rør fotograferede efter Forsøgets Afbrydelse i den Stilling, de indtog saavel under Stampningen som under Prøvningen.

De **uimprægnerede** Rør var allerede efter 1' Prøvning saa tærede, at de som omtalt knustes lidt forneden ved Genindsætningen i Prøveapparatet. Under 2' Prøvning skred Ødelæggelsen videre frem, saaledes at Rørene ved Udtagelsen kunde smuldres mellem Fingrene.

De **imprægnerede** Rør var for Mørtlens Vedkommende uangrebne efter de to Prøvninger.

Asfaltlaget var paa Dele af Ydersiden besat med ganske smaa Blærer og ved at stikke i disse med en Naal, viste det sig, at de var ret tykvæggede. Blærerne sad paa de Dele af Ydersiden, der under 2' Prøvning holdt sig længst vaade, og udfør de mest utætte Partier af Rørvæggen, og Blæredannelsen havde størst Udbredelse paa de ved Forsøgets Begyndelse mest utætte Rør (Nr. 260, 265 og 259). Dette tyder paa, at Blærerne er fremkaldt af det indvendige Vandtryk (se iøvrigt Side 71 og 79).

Paa **Indersiden** af samtlige Rør var Asfaltlaget jævnt, naar undtages nogle smaa kraterformede Fremspring paa nogle af Rørene.

γ. RØR IMPRÆGNEREDE MED FORSKELLIGE ASFALTSORTER.

(1) Imprægneringen.

Efter at Rørene var lagrede som angivet i Tabel 11, foretoges Imprægneringen $\frac{9}{11}$ 1930 hos Asfaltens Leverandør. Rørene anbragtes to ad Gangen i Autoklaven, og i denne frembragtes et Undertryk, der holdtes i 20 Minutter ved en Temperatur af ca. 80° C. Derefter fyldtes Autoklaven med ca. 165° varm Asfalt, hvis Penetration ved de tre

Imprægneringer var henholdsvis 100, 150 og 200; herved steg Temperaturen i Autoklaven til 125° C. Trykket øgedes derefter til 4 at Overtryk, og Temperaturen øgedes samtidig til 150° C. Efter at Trykket i 20 Minutter var holdt paa 4 at, pressesedes Asfalten ud af Autoklaven, og Rørene toges op. For de to Rør, der imprægneredes med den haardeste Asfalt (Penetration 100), fortsattes Behandlingen i 5 Minutter ved 4 at Overtryk og 120° C.

(2) Rørenes Tæthed.

Efter Imprægneringen henlaa Rørene 15 Døgn i Laboratorieluft, og derefter indsattes de i Prøveapparatet.

Rørene prøvedes først 50 Døgn — 1' Prøvning — i Forsøgsperiode II, hvorefter de blev udtagne for at give Plads til Prøvning af de under β omhandlede Rør. Medens disse blev prøvede, henstod Rørene i en lukket Flaske dækkede af Vand, hen over hvis Overflade der ledtes Kulsyre under 1,2 at Tryk. Efter 56 Døgns Henstand i Flasken og derefter 13 Døgn i almindeligt Vand indsattes Rørene atter i Prøveapparatet og henstod der i 16 Døgn i Forsøgsperiode II og 691 Døgn i Forsøgsperiode III — 2' Prøvning —.

I Tabel 14 er indført Oplysninger om de prøvede Rør. I Tabel 14 a er indført Middelværdierne af de i Tabel 14 for to ens Rør angivne Værdier af Middelstrømstyrken. Det ses, at de imprægnerede Rør var langt tættere end de uimprægnerede. Tabellerne viser ikke nogen lovæssig Sammenhæng mellem Rørenes Tæthed (Middelstrømstyrker) og Asfaltens Penetrationstal; det ene af de med den haardeste Asfalt imprægnerede Rør var dog i Størstedelen af Prøvetiden tættere end noget af de øvrige Rør.

De **uimprægnerede Rør** var meget utætte og fik næsten øjeblikkelig en vaad Yderside. Strømstyrken var i de første Minutter stærkt stigende. Paa Grund af disse Rørs store Utæthed faldt Trykket til ca. 130 cm Vandsøjle, og for at holde Trykket paa 2 m i de øvrige Rør var det nødvendigt kort efter Prøvningens Begyndelse at reducere Trykket i de her omtalte Rør til 10—20 cm Vandsøjle. Dagen før Afslutningen af 1' Prøvning sattes Trykket igen op, men kunde, da Rørene endnu var meget utætte, ikke bringes højere end ca. 175 cm. Paa Grundlag af de ganske enkelte Strømstyrkemaalinger, der blev foretaget, medens Trykket var øget, er Middelstrømstyrkerne i Tabel 14 udregnede. I Flasken med kulsyrerigt Vand var begge Rørene blevet mere utætte (se Tabel 15) og saa svage, at eet af dem (Nr. 270) knustes lidt forneden ved Genindsætningen i Prøveapparatet; dette Rør viste sig først ødelagt (se Tabel 14). Ogsaa under en stor Del af 2' Prøvning var Tryk-

TABEL 14.
Imprægnerede Rør af Mørtel 1:4.

Lagrede 1'—28' Døgn i		7 F + 21 L							
$100 P_v : (P_c + P_s)$		7,2							
$P_v : P_c$		0,36							
Asfaltens Penetrationstal		Uimprægnerede		200		150		100	
Alder i Døgn ved 1' Prøvnings Begyndelse		55		55		55		55	
Rør Nr.		270	271	272	269	273	268	274	267
1' Prøvning	Tiden indtil første Fugtighed saas paa Ydersiden	0 Min.	0 Min.	100 Min.	< 30 Min.	> 13 Min.	0 Min.	140 Min.	1 1/2 Min.
	Middelstrømstyrke i g/Min. i de første 2 Tim.	ca. 1900	ca. 1540	0,00	0,00	0,04	7,42	0,00	0,09
	24 Tim.	> 1880	> 1530	2,40	3,10	0,60	13,56	0,35	0,45
	7 Døgn	> 1830	> 1490	3,30	6,90	1,40	21,50	2,35	1,56
	28 Døgn	> 1620	> 1340	8,30	11,50	3,90	25,30	5,26	3,69
50 Døgn	> 1400	> 1180	10,55	12,10	6,20	22,80	6,32	4,15	
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg		ca. 100000	ca. 85000	760	870	446	1640	455	299
1' Prøvnings Varighed i Døgn (Forsøgsperiode II)		50	50	50	50	50	50	50	50
I Flaske med kulsyreholdigt Vand, Døgn		56	56	56	56	56	56	56	56
I almindeligt Vand, Døgn		13	13	13	13	13	13	13	13
2' Prøvning	Tiden indtil første Fugtighed saas paa Ydersiden	0 Min.	0 Min.	> 70 Min.	> 70 Min.	> 95 Min.	2 Min.	> 110 Min.	8 Min.
	Middelstrømstyrke i g/Min. i de første 2 Tim.	ca. 1240	ca. 1140	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
	24 Tim.	> 1230	> 1130	0,05	0,02	0,00	0,25	0,01	0,02
	7 Døgn	> 1180	> 1080	0,27	0,09	0,05	0,31	0,09	0,10
	28 Døgn	> 920	> 920	0,59	0,30	0,49	0,30	0,34	0,19
50 Døgn	> 760	> 760	0,79	0,50	0,62	0,32	0,45	0,20	
182 Døgn			1,05	0,47	0,97	0,33	0,94	0,12	
365 Døgn			0,79	0,34	0,65	0,21	0,83	0,08	
I hele Prøvetiden		ca. 1000	ca. 760	0,42	0,19	0,34	0,11	0,44	0,04
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg		34600	ca. 54000	427	196	343	115	447	44
2' Prøvnings Varighed i Døgn	i Forsøgsperiode II	16	16	16	16	16	16	16	16
	III	8	34	691	691	691	691	691	691
	ialt	24	50	707	707	707	707	707	707
Totale gennemstrømmede Vandmængde ialt i kg.		134600	139000	1187	1066	789	1755	902	343

TABEL 14 a.
Imprægnerede Rør af Mørtel 1:4.

Lagrede 1'—28' Døgn i		7 F + 21 L							
$100 P_v : (P_c + P_s)$		7,2							
$P_v : P_c$		0,36							
Asfaltens Penetrationstal		Uimprægnerede		200		150		100	
Alder i Døgn ved 1' Prøvnings Begyndelse		55		55		55		55	
1' Prøvning	Middelstrømstyrke i g/Min. i de første 2 Tim.	2 Tim.	ca. 1720	0,00	3,73	0,05			
		24 Tim.	> 1705	2,75	7,08	0,40			
		7 Døgn	> 1660	5,10	11,45	1,96			
		28 Døgn	> 1480	9,90	14,60	4,48			
50 Døgn	> 1290	11,33	14,50	5,24					
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg		ca. 92500	815	1043	377				
1' Prøvnings Varighed i Døgn (Forsøgsperiode II)		50	50	50	50				
I Flaske med kulsyreholdigt Vand, Døgn		56	56	56	56				
I almindeligt Vand, Døgn		13	13	13	13				
2' Prøvning	Middelstrømstyrke i g/Min. i de første 2 Tim.	2 Tim.	ca. 1190	0,00	0,04	0,00			
		24 Tim.	> 1180	0,04	0,13	0,02			
		7 Døgn	> 1130	0,18	0,18	0,10			
		28 Døgn	> (920)	0,45	0,40	0,27			
		50 Døgn	> (760)	0,65	0,47	0,33			
182 Døgn		0,76	0,65	0,53					
365 Døgn		0,57	0,43	0,46					
I hele Prøvetiden		ca. 880	0,31	0,23	0,24				
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg		ca. 44300	312	229	246				
2' Prøvnings Varighed i Døgn (Forsøgsperiode II og III)		37	707	707	707				
Totale gennemstrømmede Vandmængde ialt i kg		136800	1127	1272	623				

() om et Tal betyder, at det kun gælder for eet Rør, da det andet er ødelagt.

ket i Rørene grundet paa den store Vandgennemgang stærkt reduceret; da Trykket senere øgedes, steg Strømstyrken saa stærkt, at Rørene maatte udtages.

De **imprægnerede Rør** var mange Gange tættere end de uimprægnerede, men dog langt fra tætte. Strømstyrken var i de første Timer ret ringe, men voksede derefter, saaledes at samtlige Rør efter ca. 1 Døgn Prøvning havde en vaad Yderside. Strømstyrken vedblev at vokse under Størstedelen af 1' Prøvning for til Slut at aftage lidt, som det frem-

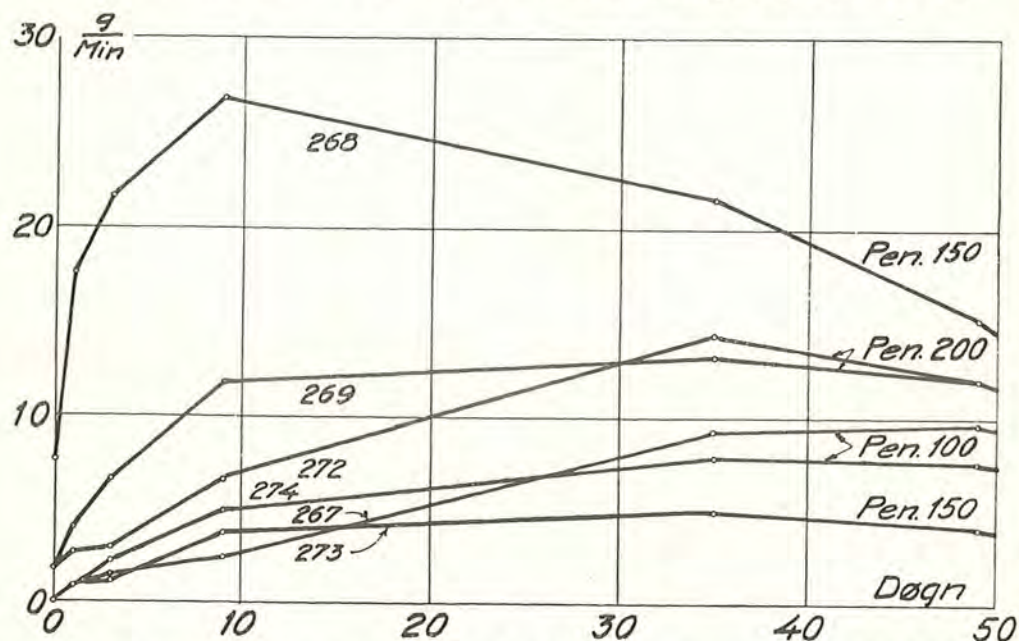


Fig. 23. Strømstyrkekurver for Rør af Mørtel 1:4 trykimprægnerede med Asfalt.

gaar af Fig. 23, der viser Strømstyrke-Tid-Kurverne for de imprægnerede Rør under 1' Prøvning. Man ser, at Tætningen i dette Tilfælde forløber betydelig langsommere end for de under β omhandlede Rør (se Fig. 21). Dette skyldes antagelig, at Jærnflangerne i Tidsrummet mellem 1' Prøvning af de under β omhandlede Rør og 1' Prøvning af de her omhandlede Rør blev omasfalterede, idet den deraf følgende formindskede Rustdannelse gør Tætningen langsommere. I Flasken med kulsyreholdigt Vand tættede de fleste af Rørene sig, saaledes at de alle var næsten tætte ved 2' Prøvnings Begyndelse. Under denne var Strømstyrken i de første 50—182 Døgn stigende, men den naaede kun smaa Værdier sammenlignet med Strømstyrkerne under 1' Prøvning. Senere tættede Rørene sig langsomt, men alle Rørene, undtagen eet af de med den haardeste Asfalt imprægnerede Rør, var dog endnu ved

Forsøgets Afbrydelse efter 707 Døgn Forløb vaade paa Dele af Ydersiden.

I Tabel 15 er indført de maalte øjeblikkelige Strømstyrker ved Slutningen af 1' Prøvning samt ved Begyndelsen af 2' Prøvning.

TABEL 15.

Asfaltens Penetrationstal	Maalt Strømstyrke i g/Min.							
	Uimprægn.		200		150		100	
Rør Nr.	270	271	272	269	273	268	274	267
1' Prøvnings Slutning	1000	807	12,7	12,0	9,8	15,2	7,4	4,0
2' Prøvnings Begyndelse	1239	1143	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0

Ligesom for de under β omtalte Rør blev de uimprægnerede Rør mere utætte og de imprægnerede Rør mere tætte i Flasken med kulsyreholdigt Vand. Forklaringen herpaa er den samme, som blev givet Side 62.

(3) Rørenes Holdbarhed.

Fig. 24 viser alle 8 Rør fotograferede efter Forsøgets Afbrydelse i den Stilling, de indtog saavel under Stampningen som under Prøvningen. De uimprægnerede Rør har ligget 657 Døgn i Laboratoriet fra de blev udtaget af Prøveapparatet og til Fotograferingen fandt Sted, og de ser derfor noget mere ødelagte ud, end de var straks efter Prøvningens Slutning.

De **uimprægnerede** Rør blev hurtigt gennemtærede, saaledes at de ved Udtagelsen efter 1' Prøvning allerede var stærkt medtagne. I Kulsyreflasken ødelagdes Rørene endnu mere, og under 2' Prøvning brød Rørene helt sammen. Som sædvanlig begyndte Angrebet i Stampefladerne, men bredte sig derfra ud i den omkringliggende Mørtel. Ved Udtagelsen kunde Størstedelen af Rørene smuldres mellem Fingrene.

Alle de **imprægnerede** Rør holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse \approx mere end 2 Aar. Ved Udtagelsen undersøgte man Mørtlens Fasthed ved at kradse gennem Asfaltlaget med en Naal. Mørtlen viste sig at være fast paa Ydersiden af samtlige imprægnerede Rør, medens den paa Indersiden viste sig smuldrende i ganske ringe Dybde; dog var Indersiden af Rør Nr. 267 fast. Det gennemsivede Vand havde aflejret en ikke ringe Mængde Kalk paa Ydersiden af alle Rørene, særlig paa de mest utætte.

Asfaltlaget paa Ydersiden af de Rør, der var imprægnerede med de to blødeste Asfalter, fik et Par Maaneder efter 2' Prøvnings Begyndelse





Rør Nr.	Asfaltens Penetrationstal	Levetid i Døgn	Uimprægnerede	Tryk	Asfaltens Penetrationstal	Levetid
270	74	74		270	74	74
271	100	100		271	100	100
272	757 ¹⁾	200		272	757 ¹⁾	200
269	757 ¹⁾	269		269	757 ¹⁾	269

Fig. 24. Rør af Mørtel 1 : 4 trykimprægnerede med Asfalt. Rørens Udseende efter Prøvningen.

et mere eller mindre knopret Udseende; paa de Rør, der var imprægnerede med den haardeste Asfalt, fremkom ligeledes Knopper under Prøvningen, men først nogle Maaneder senere. Knopperne var i nogle Tilfælde hule, i andre Tilfælde massive, og de maa antages at være fremkaldt af det indvendige Vandtryk, idet de hule Knopper forment-

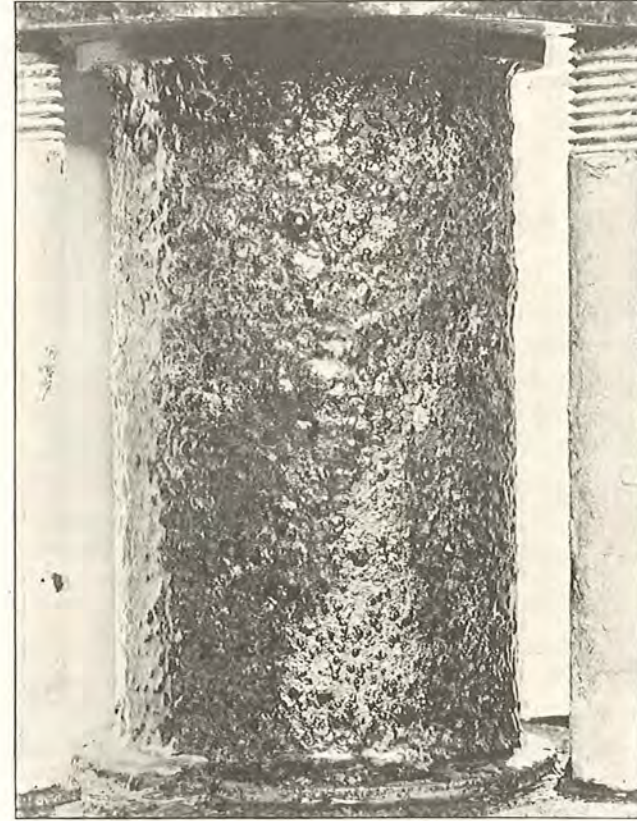


Fig. 25. Rør af Mørtel 1 : 4 trykimprægneret med Asfalt. Rørets Udseende under Prøvningen. Rør Nr. 272.

lig er opstaaet ved, at Vand eller Luft fra Porer i Mørtlen er blevet presset ud i Yderfladens Asfallag, og de massive Knopper formentlig er opstaaet ved, at Asfalt fra Porer i Mørtlen er blevet presset ud i Yderfladens Asfallag. Fig. 25 viser Knopperne paa Rør Nr. 272 (blødeste Asfalt) ca. 1 Aar efter 2' Prøvningens Begyndelse; de voksede yderligere, og ved Forsøgets Afbrydelse var Røret tæt besat med ret store Knopper. Paa to af de med blød Asfalt imprægnerede Rør (Nr. 272 og 273) fandtes der langs enkelte Stampesflader paa nederste Rørhalvdel større Knopper, der viste sig at være tykvægede Blærer i Asfalten; de

øvrige Knopper viste sig at være massive. Paa de Rør, der var imprægneret med den haardeste Asfalt, var Knopperne kun smaa og lidet udbredte (nogle af dem var vandfyldte); paa eet af disse Rør (Nr. 267) var store Dele af Ydersiden glat og skinnende blank.

Asfaltlaget paa Indersiden af de Rør, der var imprægnerede med de to blødeste Asfalter, var ganske jævnt; paa de med den haardeste Asfalt imprægnerede Rør var der talrige flade vandfyldte Blærer i Asfaltlaget. Disse er formentlig fremkaldt af Forskellen i osmotisk Tryk i den sure Opløsning paa den ene Side af Asfalthisiden og den basiske Opløsning paa den anden Side.

b. RØR AF MØRTEL 1:5 DYPET I ELLER STRØGET MED TJÆRE.

Med tjærebehandlede Rør (se Tabel 16) udførtes to Forsøgsrækker, hvoraf den ene paabegyndtes i Forsøgsperiode I, den anden i Forsøgsperiode III.

De to Forsøgsrækker er i det følgende behandlede under eet. Rørene til begge Forsøgsrækker var ældre Rør, som var støbt inden Rørstøbemaskinen toges i Brug.

TABEL 16.

Mørtel imprægneret med Tjære.

$$\text{Blandingsforhold: } \frac{P_c}{P_s} = \frac{1}{5} \quad \frac{100 \cdot P_v}{P_c + P_s} = 8 \quad \frac{P_v}{P_c} = 0,48$$

Stampemaade: Stampning med en Træstøder (se Side 16).

Lagringsmaade før Imprægneringen	28F + 512L	1F + 27V + 512L	1F + 27V + 1088L
Antal Rør imprægnerede med letflydende Tjære B	1	1	2
Antal Rør imprægnerede med tungtflydende Tjære C	1	1	2
Lagringsmaade efter Imprægneringen	84 L		14 L
Opstillede i Periode	I		III

Tjærerne. Fra 3 forskellige Rørfabrikanter blev der indsendt ialt fire Slags Imprægneringstjære. Da der ikke forefandt det fornødne Antal Prøveapparater til at undersøge Rør imprægnerede med disse Tjærer, udvalgte to af dem — en letflydende og en tungtflydende — til Rørforsøgene. De øvrige blev kun prøvet paa Mørtelstænger. De omtalte to Slags Tjære, der af Laboratoriet mærkedes M 677 og M 678, og

i det følgende er kaldt henholdsvis B og C, leveredes fra *Svendborg Tagpap- og Cementvarefabrik*.

B var letflydende og beregnet til Paastrykning i kold Tilstand. Den angaves at være sammensat af:

60% Stenkulstjæreolier, der destillerer over ved Temperatur under 170° C
40% ren Stenkulsbeg.

C var tungtflydende og beregnet til at anvendes i varm Tilstand. Den angaves at være sammensat af:

30% Stenkulstjæreolier, der destillerer over ved 170—270° C
7% » » » » 270—300° C samt
63% blød Stenkulsbeg.

(1) Rørenes Behandling med Tjære.

Behandlingen med den letflydende Tjære B skete for de Rør, hvis Prøvning begyndte i Forsøgsperiode I, ved at Rørene i 1 Time holdtes nedsænkede i den 50° varme Tjære; for de Rør, hvis Prøvning begyndte i Forsøgsperiode III, ved at Rørene med en Haarpensel blev overstrøget med Tjæren, hvis Temperatur var 16—17° C.

Behandlingen med den tungtflydende Tjære C skete, saavel for de Rør, hvis Prøvning begyndte i Forsøgsperiode I, som for de Rør, hvis Prøvning begyndte i Forsøgsperiode III, ved at Rørene i 1 Time holdtes nedsænkede i den 50° varme Tjære.

(2) Rørenes Tæthed.

331 Døgn før Imprægneringen fandt Sted havde man prøvet Tætheden hos 4 af Rørene, der da var 209 Døgn gamle. Prøvningen udførtes med almindeligt Vand paa sædvanlig Maade og varede 2 Døgn. De ved denne første Prøvnings Slutning fundne Strømstyrker er i Tabel 17 opført sammen med de Strømstyrker, der i de første Timer maalttes for de samme Rør i imprægneret Tilstand.

TABEL 17.

Rørets Nr.	Uimprægneret	Imprægneret
123 (vandl.)	Strømstyrke: 85 g/Min.	Strømstyrke: 0,00 g/Min.
124 (luftl.)	» : 358 »	» : 1,61 »
125 (vandl.)	» : 48 »	» : 0,00 »
126 (luftl.)	» : 503 »	» : 0,00 »

I Tabel 18 er indført Oplysninger om Prøvningen af de imprægnerede Rør. Det fremgaar af Tabellen, at de med den tungtflydende Tjære

TABEL 18.
Impregnerede Rør af Mørtel 1:5.

Lagrede 2'—28' Døgn i		Fugtig Luft	Vand	Vand	Fugtig Luft	Vand	Vand			
$100 P_v : (P_c + P_s)$		8,0			8,0					
$P_v : P_c$		0,48			0,48					
Tjærens Art		Letflydende Tjære			Tungtflydende Tjære					
Tjærebehandlingsmaade		1 Times Neddypning		Paastrygning	1 Times Neddypning		1 Times Neddypning			
Tjærens Temperatur		50° C		16—17° C	50° C		50° C			
Alder i Døgn ved Prøvningsbegyndelse		624		1130	624		1130			
Rør Nr.		124	123	131	129	126	125	133	135	
Tæthed	Tiden indtil første Fugtighed saas paa Ydersiden	< 1 Min.	3 Min.	0 Min.	0 Min.	< 2 Tim.				
	Middelstrømstyrke i g/Min.	2 Tim.	1,61	0,00	0,44	0,50	0	0	0,01	0
		24 Tim.	1,95	0,04	0,34	0,47	0	0	0,01	0
		7 Døgn	2,25	0,13	0,16	0,20	0	0	0	0
		28 Døgn	1,25	1,10	0,23	0,10	0	0	0	0
182 Døgn		2,22	13,00	1,63	0,23	0	0	0	0	
365 Døgn	1,34	7,35		0,35	0	0	0	0		
730 Døgn	1,10				0	0	0	0		
I hele Prøvetiden		1,55	10,40	8,25	0,55	0	0	0	0	
Totale gennemstrømmede Vandmængde i kg		2275	7600	3530	402	0	0	0	0	
Holdbarhed	Levetid i Døgn i Forsøgsperiode	I	120	120			120	120		
		II	206	206			206	206		
		III	691	180	297	510	691	691	510	510
		ialt	1017 ¹⁾	506	297	510 ¹⁾	1017 ¹⁾	1017 ¹⁾	510 ¹⁾	510 ¹⁾

¹⁾ Disse Rør holdt Stand i hele Forsøgstiden.

behandlede Rør viste sig langt tættere end de med den letflydende Tjære behandlede.

Paa Fig. 26 er vist Strømstyrke-Tid-Kurverne i hele Prøvetiden for de med den letflydende Tjære behandlede Rør. Den stigende Kurve i Forsøgsperiode I viser, at Tæringen overvejer Tætningen. I Forsøgsperiode II er Tætningen overvejende, men i Forsøgsperiode III dominerer Tæringen atter, saaledes at Rørene bliver utættere.

Rørene, der dyppedes i den opvarmede letflydende Tjære (Nr. 123 og 124), var utætte.

Det luftlagrede Rør (Nr. 124) blev efter faa Minutters Prøvning vaadt paa den nederste Halvdel af Ydersiden, der forblev i denne Tilstand i de første Maaneder; ved Slutningen af Forsøgsperiode I blev hele Ydersiden vaad og forblev vaad i Resten af Prøvetiden. Strømstyrken var i Forsøgsperiode I svagt stigende, i Forsøgsperiode II tættede Røret sig paa Grund af det ringe Kulsyreindhold i Vandet, men i Forsøgsperiode III var Strømstyrken atter svagt stigende.

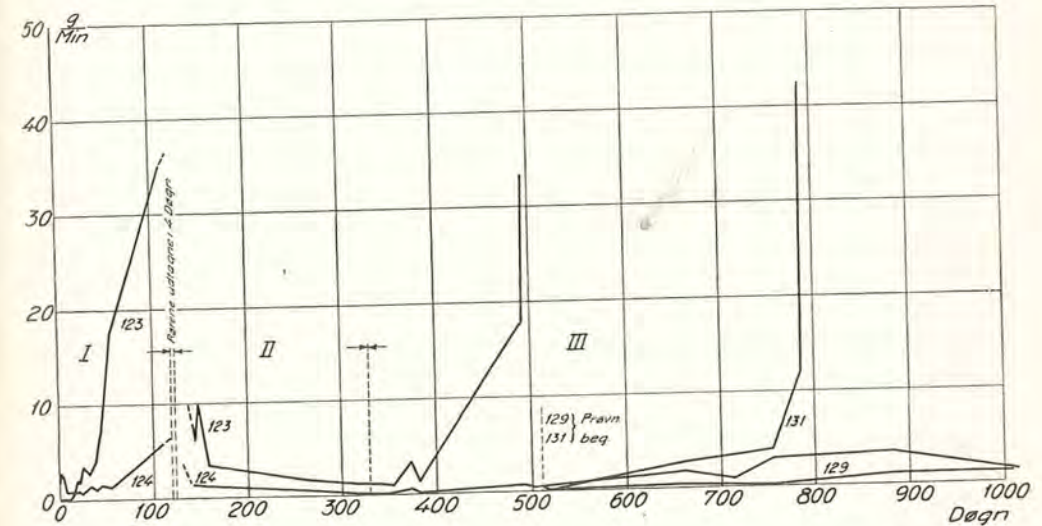


Fig. 26. Strømstyrkekurver for Portlandcimentrør af Mørtel 1:5 behandlet med letflydende Tjære.

Det vandlagrede Rør (Nr. 123) var efter nogle Timers Prøvning vaadt paa den nederste Del af Ydersiden, der forblev i denne Tilstand i de første Maaneder; ved Slutningen af Forsøgsperiode I blev hele Ydersiden vaad og forblev vaad i Resten af Prøvetiden. Strømstyrken var i Begyndelsen af Forsøgsperiode I yderst ringe, men derefter steg den stærkt, saaledes at dette Rør hurtigt blev betydeligt mere utæt end det foregaaende; i Forsøgsperiode II tættede Røret sig stærkt til at begynde med, senere tættede det sig langsomt; denne langsomme Tætning fortsatte i Begyndelsen af Forsøgsperiode III, men derefter blev Strømstyrken stærkt stigende og senere saa stor, at Røret maatte udtages.

Rørene, der blev strøget med den uopvarmede letflydende Tjære (Nr. 131 og 129), var ligeledes utætte.

Efter et Par Døgn Prøvning var de vaade paa Størstedelen af Ydersiden, efter nogle Maaneders Prøvning paa hele Ydersiden, der forblev vaad i Resten af Prøvetiden. Strømstyrken var i de første Par Døgn

aftagende, men derefter steg den langsomt. Det ene Rør (Nr. 131) maatte efter ret kort Tids yderligere Prøvning udtages, idet der pludselig indtraadte en stærk Stigning af Strømstyrken; for det andet Rør holdt Strømstyrken sig paa ret smaa Værdier i hele Prøvetiden.

Rørene, der dypedes i den opvarmede tungtflydende Tjære, var tætte.

De først prøvede Rør (Nr. 126 og 125) havde i hele Prøvetiden tør Yderside. Kun naar man prikkede Hul paa nogle senere (Side 79) omtalte Blærer, sivede der en ganske ringe Vandmængde ud. Fjernede man en hel Blære, tørrede den blottede Mørteloverflade, og Fordampningshastigheden var mindst lige saa stor som Strømstyrken.

Det ene af de sidst prøvede Rør (Nr. 133) var i det første Par Døgn vaadt langs nedre Kant, og der var en ganske ringe Gennemsvining; i Resten af Prøvetiden havde Røret en tør Yderside. Det andet Rør (Nr. 135) havde i hele Prøvetiden en tør Yderside.

(3) Rørenes Holdbarhed.

Fig. 27 viser alle 8 Rør fotograferede efter Forsøgets Afbrydelse i den Stilling, de indtog saavel under Stampningen som under Prøvningen; den mest angrebne Side vender frem. Rørene blev før Fotograferingen afbørstede, hvilket har afsløret de smuldrende Steder.

Det fremgaar af Fotografiet, at de med den tungtflydende Tjære behandlede Rør viste sig holdbarere end de med den letflydende Tjære behandlede.

Af **Rørene, der dypedes i den opvarmede letflydende Tjære,** holdt det luftlagrede Rør (Nr. 124) Stand til Forsøgets Afbrydelse, og i næsten 3 Aar; ved Udtagelsen var det gennemtæret langs mindre Dele af en Stampeflade omtrent midt paa Røret; det vandlagrede Rør (Nr. 123) viste sig ødelagt efter ca. 17 Maaneders Prøvning, idet Vandet da sprøjtede ud gennem et Hul i en af de øverste Stampeflader, langs hvilken Rørvæggen var gennemtæret; Partiet over denne Stampeflade var stærkt tæret og brækkede ved Udtagelsen i flere Stykker; den øvrige Del af Ydersiden var fast.

Indersiden af bægge Rør var overfladisk tæret, saaledes at et tyndt Lag Mørtel kunde bortsmuldres; denne Tæring var mest dybtgaaende paa den øverste Del af Røret.

Paa det luftlagrede Rør havde det gennemsivede Vand allejret et kornet Kalklag, der ved Forsøgets Afbrydelse dækkede store Dele af Ydersiden; paa det vandlagrede Rør allejredes et Par Maaneder efter Forsøgets Begyndelse en ringe Mængde Kalk, der senere, da Røret blev mere utæt, atter blev opløst.

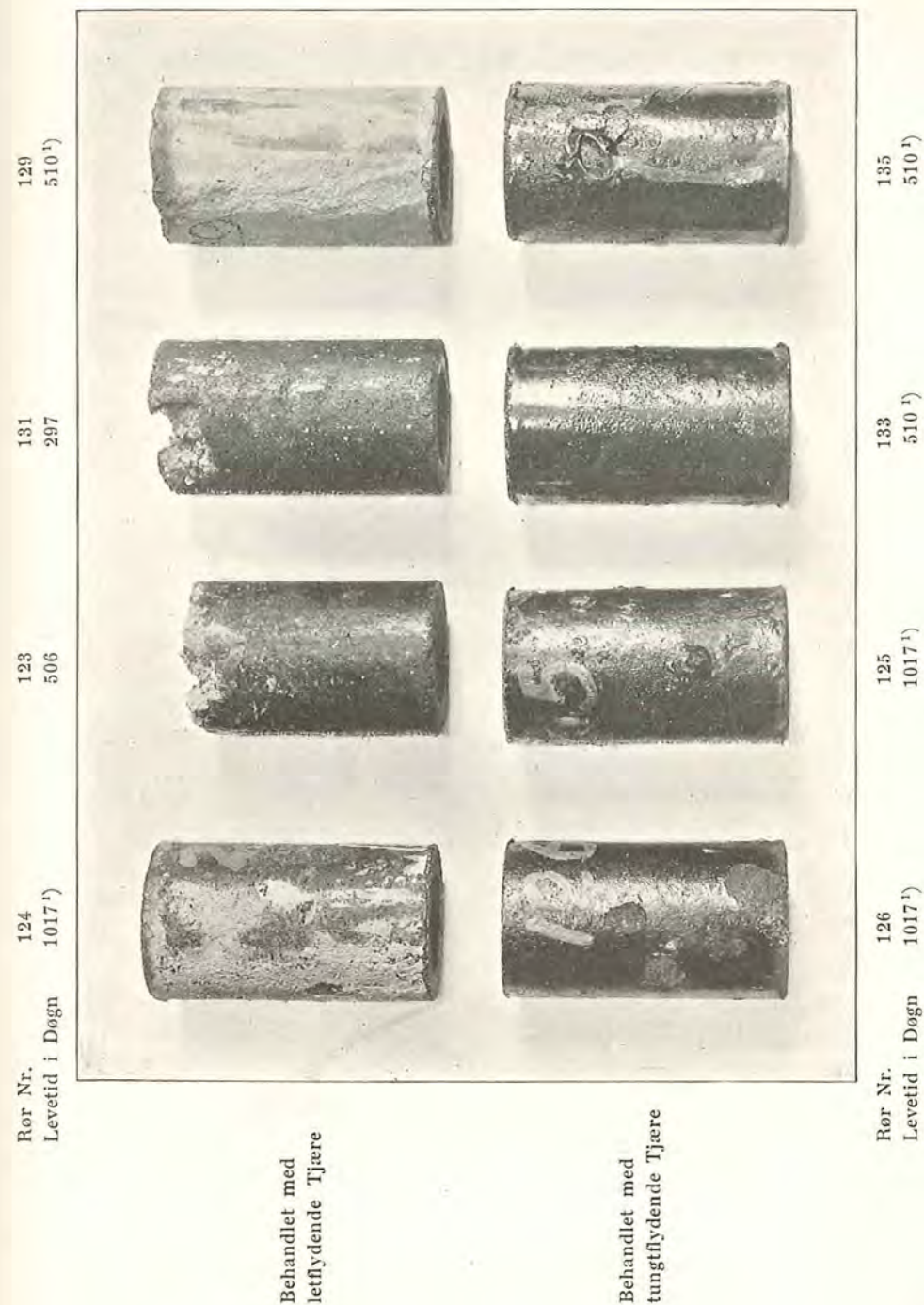


Fig. 27. Tjærebehandlede Rør af Mørtel 1 : 5 efter Prøvningen.
¹⁾ Disse Rør holdt Stand i hele Forsøgstiden.

Ydersidens Tjærelag var paa bægge Rør pletvis skallet af, idet Tjæren særlig paa det vandlagrede Rør dannede smaa Blærer, der senere bristede; ved Forsøgets Afbrydelse fandtes ingen Blærer paa disse Rørs Yderside. Indersidens Tjærelag var jævnt, naar undtages nogle ganske smaa Blærer paa det luftlagrede Rør.

Af **Rørene, der blev strøget med den uopvarmede letflydende Tjære**, viste det ene (Nr. 131) sig ødelagt efter ca. 10 Maaneders Prøvning, idet et Stykke af Rørvæggen foroven løsnede sig; Bruddets Udseende kunde tyde paa, at Røret var knust paa Grund af Indspændingstrykket. Røret var iøvrigt gennemtæret langs Dele af en enkelt Stampeflade. Det andet Rør (Nr. 129) holdt Stand til Forsøgets Afbrydelse, og ca. 17 Maaneder, og var ved Udtagelsen gennemtæret langs ringe Dele af de to øverste Stampeflader.

Indersiden af bægge Rør var overfladisk tæret paa lignende Maade som paa de foregaaende Rør.

Paa Ydersiden af bægge Rør havde det gennemsivede Vand aflejret et fast og ret tæt Lag af Kalk; paa det ene Rør (Nr. 131) dækkede Laget ca. $\frac{1}{3}$ af Ydersiden i en lodret Stribe (ses ikke paa Fig. 27, da Kalken sidder paa den bortvendende Halvdelen), paa det andet Rør (Nr. 129) dækkede Kalklaget hele Ydersiden, undtagen nedenfor enkelte grovere Porer, hvor Vandbevægelsen var saa stærk, at Kalken opløstes (se Fig. 27).

Ydersidens Tjærelag var udfor de særligt porøse, gennemtærede Partier delvis bortvasket, idet Tjæren ligesom paa de foregaaende Rør dannede Blærer, der bristede; paa de tættere Partier under Kalklaget fandtes talrige Blærer mellem Tjærehinden og Mørteloverfladen, idet dog en Del af Tjæren bandt til Mørtlen.

Indersidens Tjærelag var paa det ene Rør (Nr. 131) jævnt og dækkende; paa det andet fandtes der enkelte vandfyldte Blærer i Tjærelaget.

Vedrørende Aarsagerne til Blæredannelsen se Side 80.

Samtidig med Strygningen af disse Rør blev en tørstøbt flere Aar gammel Stang 2·2·12 cm strøget paa samme Maade. Nogle Dage senere knækkedes Stangen i flere Stykker, og det viste sig da, at den letflydende Tjære gennem enkelte Poregange var trængt ind i Stangens Indre fra alle Sider undtagen Slamsiden. Tjæren beklædte Poregangenes Vægge, men udfyldte ikke Porerne.

Rørene, der dypedes i den opvarmede tungtflydende Tjære, var yderst holdbare. Ved Forsøgets Afbrydelse viste Mørtlen sig fast saavel paa Ydersiden som paa Indersiden.

Paa Ydersiden af disse Rør viste der sig efter 1—2 Maaneders Prøvning vandfyldte Blærer, som det f. Eks. ses paa Fig. 28, der viser Blæ-

erne paa Rør Nr. 133 efter 165 Døgn Prøvning. Blærerne voksede langsomt, og enkelte opnaaede en betydelig Størrelse (ca. 2 cm Diam. og 1 cm Højde); naar der gik Hul paa saadan en Blære, sivede Vandet ud, og den faldt oftest sammen, hvilket ogsaa skete, naar det indvendige Vandtryk formindskedes. Den tynde Tjærehinde om Blærerne var

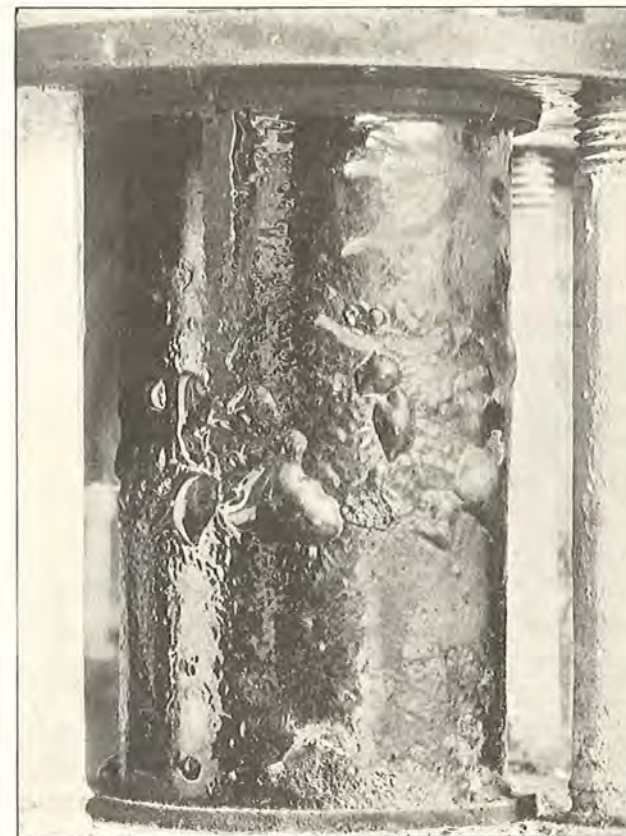


Fig. 28. Tjærebehandlet Rør af Mørtel 1:5 under Prøvningen. Rør Nr. 133.

i Begyndelsen blød og eftergivende, senere haard. Paa de først opstillede Rør sad Blærerne mellem Mørteloverfladen og Tjærelaget, idet dog en Del af Tjæren kunde binde til Mørtlen; paa de senere opstillede Rør syntes Blærerne at sidde i selve Tjærehinden. Vandet i Blærerne var mere eller mindre alkalisk, idet det er blevet mættet med Kalk under Passagen gennem Rørvæggen. Ydersidens Blærer maa ligesom de Side 63 og 71 nævnte Blærer antages at være fremkaldt af det indvendige Vandtryk.

Paa Indersiden af Rørene fandtes der ved Udtagelsen ligeledes ret talrige vandfyldte Blærer i Tjærehinden; særlig udbredt var de paa det

luftlagrede Rør Nr. 126, paa hvilket Blæredannelsen var mere udbredt indvendig end udvendig. Indersidens Blærer var noget mere flade end Ydersidens; Tjærehinden om dem var sprød og bristede ved Berøring. Indersidens Blærer er formentlig fremkaldt af osmotisk Tryk, paa samme Maade som ved de asfaltimpregnerede Rør (se Side 72).

Samtidig med Tjærebehandlingen af disse Rør behandledes en flere Aar gammel Mørtelstang (2·2·12 cm) paa samme Maade. Nogle Dage senere knækkede man Stangen i flere Stykker for at undersøge Tjærens Indtrængning. Tjæren var ikke trængt ind gennem Slamsiden; gennem Størstedelen af de øvrige Sider var den trængt faa mm ind, enkelte Steder indtil 6 mm Dybde. Tilsyneladende udfyldte Tjæren helt de Porer, i hvilke den var trængt ind.

c. OVERSIGT OVER FORSØGSRESULTATERNE.

De prøvede Rør var Portlandcementrør af Mørtel med $P_c : P_s = 1 : 4$ og $1 : 5$ og henholdsvis $\frac{100 \cdot P_v}{P_c + P_s} = 7,2$ og 8% .

(1) RØRENES TÆTHED.

Portlandcementrør af Mørtel 1 : 4 trykimprægnede med Asfalt.

- 1) Asfaltimpregnerede Rør var mange Gange tættere end tilsvarende uimpregnerede, men dog ikke fuldstændig tætte.
- 2) Den haardeste Asfalt gav de tætteste Rør.
- 3) Imprægneringstrykket viste sig at være af underordnet Betydning for den ved Imprægneringen opnaaede Tæthedsforøgelse.

Portlandcementrør af Mørtel 1 : 5 dyppede i eller strøgne med Tjære.

- 1) Tjærebehandlede Rør var mange Gange tættere end tilsvarende ubehandlede.
- 2) Den mest tungtflydende Tjære gav Rørene næsten fuldstændig Tæthed i hele Forsøgsliden.

(2) RØRENES HOLDBARHED.

Portlandcementrør af Mørtel 1 : 4 trykimprægnede med Asfalt.

- 1) Asfaltimpregnerede Rør var næsten uangrebne efter selv lang Tids Prøvning, medens tilsvarende uimpregnerede hurtigt ødelagdes.
- 2) I Asfallaget paa Rørenes Yderside opstod efterhaanden Blærer og Knopper (se Fig. 25), formentlig stammende fra Vandtrykket bag As-

falthinden. De fleste og største Blærer dannedes paa de mest utætte Rør.

Portlandcementrør af Mørtel 1 : 5 dyppede i eller strøgne med Tjære.

- 1) Rør dyppede i tungtflydende Tjære syntes ikke at angribes, men Tjæren blærede op, og en Del af dens beskyttende Virkning maa derfor antages at være forbigaaende.
- 2) Rør dyppede i eller strøgne med letflydende Tjære viste sig ikke holdbare, idet Ydersidens Tjærelag løsnedes og bortførtes af det gennemstrømmende Vand.

(3) IMPRÆGNERINGENS FORMAALSTJENLIGHED.

Cementfattige Rør kan gøres saa vandtætte ved Dypning i tungtflydende Tjære, at Vandbevægelsen gennem Rørvæggen foregaar langsommere end Fordampningen fra Rørvæggens Yderside, saaledes at denne holder sig tør. Rør af denne Art var ved Forsøgenes Afslutning ikke angrebne af Syren, men Tjærehinden var blæret (Fig. 28).

En saadan Tjærebehandling er aabenbart fortræffelig egnet til at beskytte Rør, der paa Grund af Cementfattigdom eller andre Fabrikationsfejl ellers vilde gaa en hurtig Ødelæggelse i Møde, men det maa dog betragtes som et bedre Fabrikationsprincip at fremstille en helt igennem vandtæt Rørvæg, saaledes som det er muligt ved Brug af en tilstrækkelig cement- og vandholdig Mørtel og under Anvendelse af Vandlagring, i Stedet for at tilvejebringe Vandtætheden ved Hjælp af et Overfladelag, der kan beskadiges.

Trykimprægnering med Asfalt gør ikke Rørene saa vandtætte som Dypning i tungtflydende Tjære, men har iøvrigt en lignende beskyttende Virkning.

V. FORSØG MED MØRTELSTÆNGER.

A. INDLEDNING.

Da det kun var muligt at prøve et meget begrænset Antal Mørtler i Form af Rør, blev de øvrige Syrefasthedsforsøg udførte med smaa Mørtelstænger 2·2·12 cm, der i hærdnet Tilstand lagredes i Syre, hvorefter Bøjnings- og Trykstyrke bestemtes.

Skønt Udvalgets Hovedformaal var at undersøge tørstøbte Mørtler, som de bruges til Fremstilling af Cementrør, besluttede man at udstrække Forsøgene ogsaa over vaadstøbte Mørtler og at gennemføre bægge Forsøgsrækker med Mørtler, hvis Blandingsforhold var 1:2 og 1:3.

Inden disse Syrefasthedsforsøg sattes i Gang, udførtes nogle orienterende Styrkeforsøg med Portlandcementmørtler, idet man ønskede at faa et Overblik over, i hvilken Grad Bøjnings- og Trykstyrken for saavel tør- som vaadstøbte Mørtler paavirkes af Sand-Cement-Forholdet og Vand-Cement-Forholdet samt af Lagringsmaaden i den første Uge. Disse Forsøg omtales Side 86.

Til samtlige Forsøg brugtes tørret Sand, medens man paa Rørstøberierne bruger fugtigt Sand. For Sikkerheds Skyld udførtes en Forsøgsrække til Paavisning af, at denne Forskel er betydningsløs. Denne Forsøgsrække omtales Side 102.

Endvidere undersøgte det Styrketab, som Mørtelstænger lider ved Gennemvædning (Side 104).

De egentlige Syrefasthedsforsøg udførtes med:

Portland-, Velo- og Molerementmørtler (Side 110).

Portlandcementmørtel imprægneret med Tjære eller Asfalt (Side 153).

Portlandcementmørtel imprægneret med Vandglas (Side 182).

Portlandcementmørtel med Sæbetilsætning (Side 193).

B. ORIENTERENDE STYRKEFORSØG MED TØRSTØBTE OG VAADSTØBTE PORTLANDCEMENTMØRTLER.

1. CEMENTMÆNGDENS, VANDMÆNGDENS OG DEN PRIMÆRE LAGRINGS INDFLYDELSE.

a. FORSØGENES UDFØRELSE.

Prøvelegemer: 2 · 2 · 12 cm Stænger.

Materialer: Portlandcement fra Fabrikken *Kongsdal* og samme Bakkesand som er omtalt Side 15.

Blandingsforhold efter Vægt: $P_c : P_s = 1 : 2$ og $P_c : P_s = 1 : 3$.

Støbevandsmængderne udtrykt i % af Tørstoffernes Vægt er indført i Tabel 19.

TABEL 19.

	Bifh.	Vandmængde				
Tørstøbte (maskinstampede) Stænger	1 : 2		7,5	8,5	9,5	10,5 %
	1 : 3	6,5	7,5	8,5	9,5	»
Vaadstøbte (haandstampede) Stænger	1 : 2		9,5	12,5	15,5	18,5 %
	1 : 3					

Konsistensen, som opnaaedes med disse Vandmængder, varierede fra den stiveste til den mest flydende, som bruges i Praksis.

Konsistensen bestemtes paa Laboratoriets lille Rystebord, hvis Faldhøjde er 0,9 cm. Efter 12 Fald i 12 Sekunder maales Forholdet mellem det udflydte og det oprindelige Mørtellegemes Diameter. Kun Mørtlerne med 12,5 % Vand og derover var saa plastiske, at deres Flydeevne kunde bestemmes; de øvrige skiltes ad som Pulver ved Rystningen. I Tabel 20 er indført de tre vaadeste Mørtlers Flydeevne; Tallene er Middeltal af 6 Værdier.

TABEL 20.

Blandingsforhold	Flydeevne for Mørtler med Støbevandsmængde		
	12,5 %	15,5 %	18,5 %
1 : 2	1,20	1,92	2,36
1 : 3	1,22	1,86	2,39

Flydeevnen vokser med Støbevandsmængden, men noget langsommere end denne, og Mørtlerne 1 : 2 og 1 : 3 kræver paa det nærmeste ens Vandtilsætning for Opnaaelsen af samme Flydeevne.

Blandingen foregik i en Hobart Blandemaskine. Blandetiden var 3 Minutter, og der blandedes Mørtel til 6 Stænger ad Gangen.

Prøvelegemernes Fremstilling.

1) De tørstøbte Stænger fremstilledes af en nøjagtigt afvejet Mørtelmængde, der i komprimeret Tilstand netop fyldte Formen. Mørtelmængden, der var 110 g for de to tørreste Mørtler af hvert Blandingsforhold og 113 g for de to vaadeste, fyldtes i en liggende Staalform, dækkedes med en aflang Staalklods, der netop passede til Formens Indre og komprimeredes derpaa i et Böhmes Hammerapparat ved 25 Slag. Formens Indretning fremgaar af Fig. 29, der viser den komprimerede Stang liggende i Formen, som er fastspændt i Hammerapparatet. Umiddelbart efter Fremstillingen afformedes Stængerne.

De nævnte Mørtelmængder blev bestemt ved nogle orienterende Forsøg, ved hvilke man tillige undersøgte Virkningen af, at Mørtlens Vandindhold varieredes fra 7 til 9 %, og at Slagenes Antal varieredes fra 150 til 25. Det viste sig derved, at man kom de praktiske Forhold nærmest ved at anvende 25 Slag og ved at tilberede Mørtlerne 1 : 2 med 8,6 % Vand og Mørtlerne 1 : 3 med 8,4 % Vand. For nogle af Stængerne blev Rumvægten bestemt, da de havde ligget 14 Døgn i fugtig Luft. For Mørtler 1 : 3 med 8 % Vand fandtes:

$$\begin{array}{l} \text{Stænger komprimerede med 50 Slag: } 2,33 \text{ g/cm}^3 \\ \text{» » » 25 » : } 2,27 \text{ »} \end{array}$$

2) De vaadstøbte Stænger fremstilledes i Messingforme med Spejlglassbund. Komprimeringen skete ved Haandstampning med en lille Messingstamper med kvadratisk Tværsnit (12 mm Sidelinie) og vejende 60 g. Hver Form rummede 3 Stænger, liggende ved Siden af hinanden. Mørtlen henstod i Formene i fugtig Luft indtil Afformningen næste Dag.

Lagringsmaaden i de første 7 Døgn betegnes i det følgende som den **primære Lagring** og var een af følgende tre:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Døgn i fugtig Luft} + 6 \text{ Døgn i Vand} \quad (1F + 6V) \\ 7 \text{ » » » » » \quad (7F) \\ 1 \text{ » » » » + 6 » » Laborieluft} \quad (1F + 6L). \end{array}$$

Efter den primære Lagrings Afslutning lagdes alle Stænger paa Tremmehylder i Laboratoriet, indtil Styrkeprøvningen fandt Sted.

Saa vel for de tørstøbte som for de vaadstøbte Stængers Vedkommende udførtes to Forsøgsrækker, der omfattede lige mange Stænger, og hvis Resultater i det følgende Afsnit b er behandlet under eet. Med det

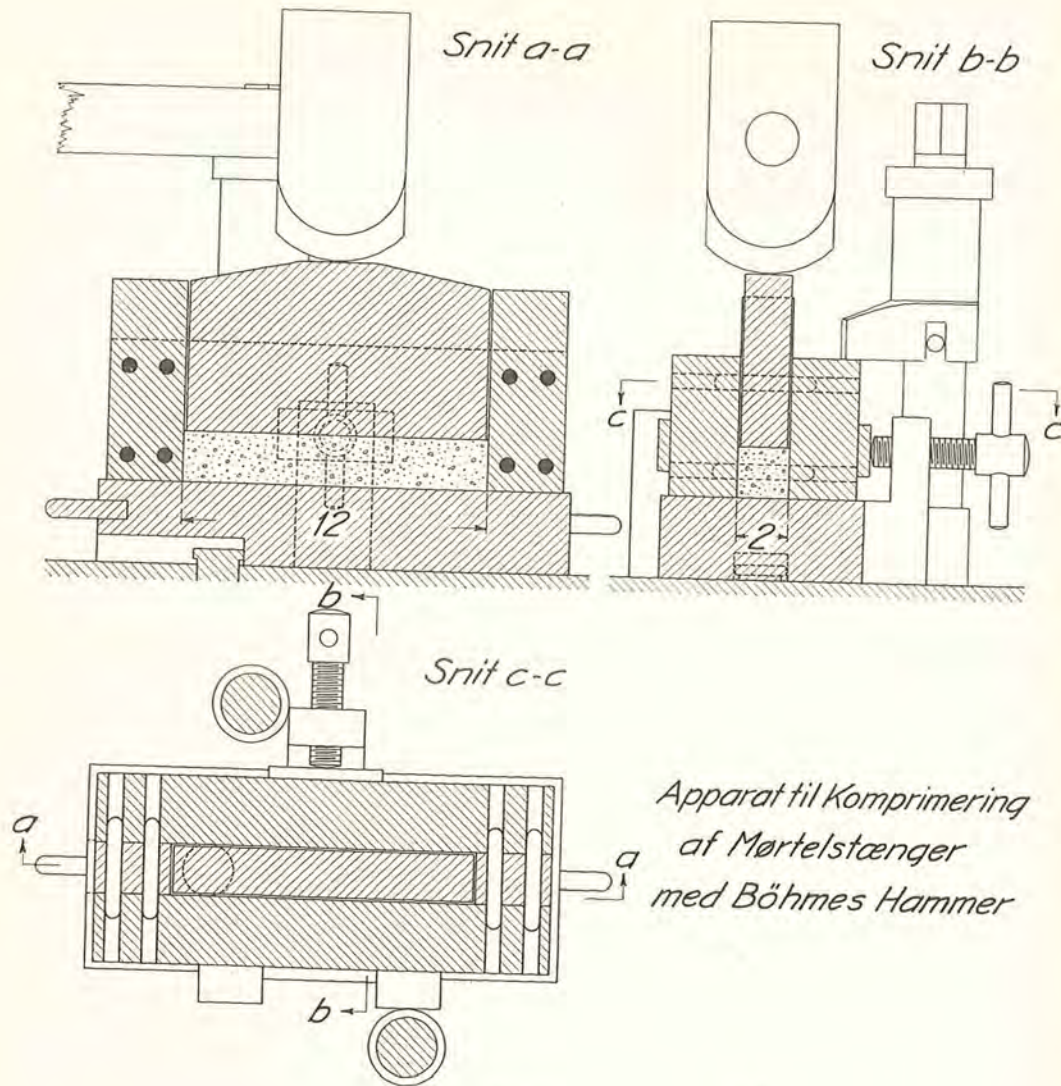


Fig. 29.

Formaal at formindske tilfældige Faktorer Indflydelse paa Forsøgsresultaterne udførtes de to Forsøgsrækker helt uafhængige af hinanden; den enes Prøvelegemer støbtes i Juni Maaned, den andens i September. Lagringsforholdene for de to Sæt Stænger blev derved ikke ens. Under Lagringen af de i Juni Maaned støbte Stænger var Laboratorieluftens Kulsyreindhold normalt. Under Lagringen af de i September Maaned støbte Stænger var Laboratorieluftens Kulsyreindhold ligeledes normalt undtagen i de to sidste Lagringsuger; i disse steg Kulsyreprocenten som Følge af nogle samtidigt igangværende Forsøg. Disse Forholds

Betydning undersøgte nærmere ved at gennemregne hver Forsøgsrække for sig, hvorved det viste sig, at saavel den forskellige Aarstid for Stængernes Støbning og Lagring, som Lagringsluftens forskellige Kulsyreindhold, havde haft Indflydelse paa Stængernes Styrke, men de to Rækker stemte dog saa godt overens, at man kun har fundet Anledning til at offentliggøre de for begge Rækker under et udregnede Middeltal (Afsnit b).

Styrkeprøvningen skete for det halve Antal Stænger efter ialt 5 Ugers Lagring (primær Lagring + 28L), for Resten efter ialt 9 Ugers Lagring (primær Lagring + 56L). Der udførtes dels Bøjningsforsøg, dels Trykforsøg.

Ved Bøjningsforsøgene anbragtes Stængerne paa to Knivsægge med 10 cm Afstand og belastedes indtil Brud med en jævnt voksende Enkeltkraft paa Midten. En af de under Støbningen lodretstaaende Sideflader var Trækside.

Ved Trykforsøgene, der udførtes med Stængernes Brudstykker umiddelbart efter Bøjningsforsøgene, overførtes Trykket til Prøvelegemerne gennem to kvadratiske Staalplader med 2 cm Sidelinie lagt paa de Sideflader, der var Træk- og Tryksider ved Bøjningsforsøgene.

De i Tabellerne indførte Bøjningsstyrker er Middeltal af 6 Værdier, Trykstyrkerne af 12 Værdier.

b. FORSØGSRESULTATER.

De fundne Styrketal og de af disse udledede Love findes i og under efterfølgende Tabeller.

	Tørstøbning	Vaadstøbning
Bøjningsstyrke efter 5 Ugers Lagring	Tabel T1	Tabel V1
Bøjningsstyrke efter 9 Ugers Lagring	» T2	» V2
Forholdet $\frac{\text{Bøjningsstyrke efter 9 Uger}}{\text{Bøjningsstyrke efter 5 Uger}}$	» T3	» V3
Trykstyrke efter 5 Ugers Lagring	» T4	» V4
Trykstyrke efter 9 Ugers Lagring	» T5	» V5
Forholdet $\frac{\text{Trykstyrke efter 9 Uger}}{\text{Trykstyrke efter 5 Uger}}$	» T6	» V6
» $\frac{\text{Trykstyrke efter 5 Uger}}{\text{Bøjningsstyrke efter 5 Uger}}$	» T7	» V7
» $\frac{\text{Trykstyrke efter 9 Uger}}{\text{Bøjningsstyrke efter 9 Uger}}$	» T8	» V8

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 100.

TABEL T1—2
Tørstøbning
Bøjningsstyrke

Absolutte Bøjningsstyrker i at.

Tabel T 1 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28 L

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt					Middel-tal
		6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %	
1 : 2	1F + 6V		96,6	101,9	104,0	104,2	101,7
	7F		100,6	100,2	101,2	96,7	99,7
	1F + 6L		82,0	78,3	73,1	71,0	76,1
1 : 3	1F + 6V	79,7	79,6	89,4	89,8		84,6
	7F	84,3	82,6	82,6	85,2		83,7
	1F + 6L	72,7	70,4	69,4	69,0		70,4

(1) Styrkens Variation med Støbevandsmængden er ringe.

Efter Lagring 1F + 6V stiger Styrken med voksende Støbevandsmængde.

» » 7F er » uafhængig af Støbevandsmængden.

» » 1F + 6L falder » med voksende Støbevandsmængde.

Disse Forhold skyldes formentlig, at der under Udtørringen opstår Svindspændinger (Træk) i Stængernes Skal, og at disse Spændinger naar deres Maksimumsværdi des senere, jo større Støbevandsmængden er, og jo vaadere den primære Lagring er. Ingen af de vaadt lagrede Stænger har endnu naaet denne Maksimumsværdi (se næste Tabel). De tørt lagrede Stænger med 6,5—9,5 % Vand har passeret den, og deres Styrke er paa Vej oppefter.

(2) Den tørreste primære Lagring medfører altid ringere Styrke end de to vaadere, og dens Underlegenhed vokser med Støbevandsmængden.

(3) Lagringsmaaderne 7F og 1F + 6V giver omtrent ens Styrke; Lagring 7F er bedst ved Støbevandsmængder under 8 %, Lagring 1F + 6V er bedst ved Støbevandsmængder over 8 %.

Tabel T 2 Lagringsmaade: Primær Lagring + 56 L

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt					Middel-tal
		6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %	
1 : 2	1F + 6V		98,0	98,0	97,9	90,4	96,1
	7F		101,2	94,8	97,6	89,5	95,8
	1F + 6L		99,7	97,9	91,1	91,0	94,9
1 : 3	1F + 6V	92,8	87,7	87,2	84,5		88,1
	7F	80,6	88,4	86,4	83,0		84,6
	1F + 6L	82,7	88,2	84,7	86,7		85,6

(1) Styrkens Variation med Støbevandsmængden er ringe. Den tørreste eller næst-tørreste Mortel er stærkest.

(2) Den primære Lagrings Indflydelse paa Styrken er ringe.

(3) Lagringsmaaderne 1F + 6V og 7F giver omtrent ens Styrke. At 1F + 6L giver Styrketal, der ligger nær ved og i nogle Tilfælde endog over de Styrker, der naas ved de to første, fugtigere Lagringsmaader, beror paa, at Lagringsforholdene i de sidste ca. 14 Døgn har været særlig gunstige for disse tørt lagrede og derfor porøse Stængers Hærdning (se Side 88).

TABEL T 3
Tørstøbning
Bøjningsstyrke

Bøjningsstyrken efter 9 Uger i % af Bøjningsstyrken efter 5 Uger.

Tabel T 3 Lagringsmaade: Primær Lagring + $\begin{cases} 28 L \\ 56 L \end{cases}$

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt					Middel-tal
		6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %	
1 : 2	1F + 6V		102	96	94	87	95
	7F		101	95	97	93	97
	1F + 6L		122	125	125	128	125
1 : 3	1F + 6V	117	110	98	94		105
	7F	96	107	105	98		102
	1F + 6L	114	125	122	126		122

(1) Styrkestigningen i 2' Luftlagringsmaaned er kun udpræget hos de Legemer, der har været udsat for den tørreste primære Lagring og maa antages at være de mest porøse. Styrkestigningen maa antages at skyldes Luftens Kulsyre.

(2) Flere af Mortlerne med vaad primær Lagring har lidt Styrketab, og Tabet er som Regel voksende med Støbevandsmængden. Dette skyldes formentlig Svindspændinger (se Side 90), thi for Trykstyrkens Vedkommende er der intet Tab (se Tabel T 6, Side 93).

TABEL T 4—5
Tørstøbning
Trykstyrke

Absolutte Trykstyrker i at.

Tabel T 4 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28 L

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt					Middel-tal
		6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %	
1 : 2	1F + 6V		619	696	700	654	667
	7F		680	708	685	609	671
	1F + 6L		444	451	438	379	428
1 : 3	1F + 6V	492	554	573	561		545
	7F	510	547	536	529		531
	1F + 6L	359	382	358	363		366

(1) Styrkens Variation med Støbevandsmængden er ikke stor. Mørtlerne 1 : 2 synes efter alle Lagringsmaader at faa størst Styrke, naar Støbevandsmængden er 8,5—9,5 %. Mørtlerne 1 : 3 synes at faa størst Styrke, naar Støbevandsmængden er 7,5—8,5 %. Jo vaadere Mørtlerne er ved Udstøbningen, des vaadere primær Lagring synes de at kræve for at opnaa deres største Styrke.

(2) Den tørreste primære Lagring medfører altid ringere Styrke end de to vaadere.

(3) Disse giver omtrent ens Styrke; Lagring 7F er bedst ved smaa Støbevandsmængder, Lagring 1F + 6V ved store.

Tabel T 5 Lagringsmaade: Primær Lagring + 56 L

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt					Middel-tal
		6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %	
1 : 2	1F + 6V		645	725	710	650	683
	7F		701	706	715	631	688
	1F + 6L		534	503	482	413	483
1 : 3	1F + 6V	532	582	589	567		568
	7F	514	581	556	548		550
	1F + 6L	416	451	433	409		427

(1) Styrkens Variation med Støbevandsmængden er ikke stor. Mørtlerne 1 : 2 synes efter Lagring 1F + 6V og 7F at faa størst Styrke, naar Støbevandsmængden er 8,5—9,5 %. Mørtlerne 1 : 3 synes at faa størst Styrke, naar Støbevandsmængden er 7,5—8,5 %.

(2) Den tørreste primære Lagring giver altid ringere Styrke end de to vaadere.

(3) Disse giver omtrent ens Styrke.

TABEL T 6
Tørstøbning
Trykstyrke

Trykstyrken efter 9 Uger i % af Trykstyrken efter 5 Uger.

Tabel T 6 Lagringsmaade: Primær Lagring + $\begin{cases} 28 L \\ 56 L \end{cases}$

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt					Middel-tal
		6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %	
1 : 2	1F + 6V		104	104	102	100	103
	7F		103	100	105	104	103
	1F + 6L		120	112	110	109	113
1 : 3	1F + 6V	108	105	103	101		104
	7F	101	106	104	104		104
	1F + 6L	116	118	121	113		117

(1) Styrkestigningen i 2' Luftlagringsmaaned er kun udpræget hos Legemerne med tør primær Lagring (sml. Tabel T 3, Side 91).

TABEL T 7—8
Tørstøbning
Bøjningsstyrke
Trykstyrke

Bøjningsstyrken i % af Trykstyrken.

Tabel T 7

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28 L

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt					Middeltal
		6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %	
1 : 2	1F + 6V		15,6	14,7	14,9	15,9	15,3
	7F		14,8	14,1	14,8	15,9	14,9
	1F + 6L		18,5	17,4	16,7	18,7	17,8
1 : 3	1F + 6V	16,2	14,4	15,6	16,0		15,6
	7F	16,5	15,1	15,4	16,1		15,8
	1F + 6L	20,2	18,4	19,4	19,0		19,3

- (1) Styrkeforholdet er mindre for Mørtler 1 : 2 end for Mørtler 1 : 3.
 (2) » » størst for den tørreste primære Lagring.
 (3) » » omtrent ens for de to vaadere Lagringsmaader.
 (4) » » for Mørtler 1 : 2 mindst ved ca. 8,5 % Vand, for Mørtler 1 : 3 ved 7,5 % Vand.

Tabel T 8

Lagringsmaade: Primær Lagring + 56 L

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt					Middeltal
		6,5 %	7,5 %	8,5 %	9,5 %	10,5 %	
1 : 2	1F + 6V		15,2	13,5	13,8	13,9	14,1
	7F		14,4	13,4	13,6	14,2	13,9
	1F + 6L		18,7	19,5	18,9	22,0	19,8
1 : 3	1F + 6V	17,4	15,1	14,8	14,9		15,6
	7F	15,7	15,2	15,5	15,1		15,4
	1F + 6L	19,9	19,6	19,5	21,2		20,1

- (1) Styrkeforholdet er mindre for Mørtler 1 : 2 end for Mørtler 1 : 3.
 (2) » » størst for den tørreste primære Lagring.
 (3) » » omtrent ens for de to vaadere Lagringsmaader.
 (4) » » mindst ved enten 7,5 eller 8,5 % Vand.
 (6) » » som Regel aftaget i den sidste Luftlagringsmaaned, navnlig for Mørtlerne 1 : 2 med vaad primær Lagring. Det er vokset for Mørtlerne med tør primær Lagring, fordi Kulsyren har forøget disse Mørtlers Bøjningsstyrke stærkt.

TABEL V 1—2
Vaadstøbning
Bøjningsstyrke

Absolutte Bøjningsstyrker i at.

Tabel V 1

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28 L

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt				Middeltal
		9,5 %	12,5 %	15,5 %	18,5 %	
1 : 2	1F + 6V	63,7	87,7	86,4	77,6	78,9
	7F	74,7	90,1	77,8	76,7	79,8
	1F + 6L	65,2	62,4	56,5	54,5	59,7
1 : 3	1F + 6V	62,8	64,1	63,5	57,3	61,9
	7F	67,4	64,3	56,9	58,4	61,8
	1F + 6L	52,7	49,6	45,6	45,5	48,4

- (1) Styrkens Maksimum træffes som Regel hos den tørreste Mørtel, i enkelte Tilfælde hos den næsttørreste.
 (2) Den tørreste primære Lagring medfører ringere Styrke end de to vaadere.
 (3) Disse giver omtrent ens Styrke. Lagring 7F er som Regel bedst for de to tørreste Mørtler, Lagring 1F + 6V for de to vaadeste.

Tabel V 2

Lagringsmaade: Primær Lagring + 56 L

P _c : P _s	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt				Middeltal
		9,5 %	12,5 %	15,5 %	18,5 %	
1 : 2	1F + 6V	72,8	86,9	86,2	85,5	82,9
	7F	79,0	86,3	78,9	77,1	80,3
	1F + 6L	76,0	71,7	72,3	72,3	73,1
1 : 3	1F + 6V	76,6	67,4	72,8	77,1	73,5
	7F	69,7	68,2	69,2	72,6	69,9
	1F + 6L	70,0	60,6	66,0	53,2	62,5

- (1) Styrkens Variation med Støbevandsmængden er ikke stor.
 (2) Den tørreste primære Lagring medfører som Regel ringere Styrke end de to vaadere.
 (3) Disse giver omtrent ens Styrke.

Tabel V 3
Vaadstøbning
Bøjningsstyrke

Bøjningsstyrken efter 9 Uger i % af Bøjningsstyrken efter 5 Uger.

Tabel V 3
Lagringsmaade: Primær Lagring + $\begin{cases} 28 \text{ L} \\ 56 \text{ L} \end{cases}$

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt				Middel-tal
		9,5 %	12,5 %	15,5 %	18,5 %	
1 : 2	1F + 6V	114	99	100	110	106
	7F	106	96	101	101	101
	1F + 6L	117	115	128	133	123
1 : 3	1F + 6V	122	105	115	135	119
	7F	103	106	122	124	114
	1F + 6L	133	122	145	117	129

(1) Styrkestigningen i 2' Luftlagringsmaaned er størst efter den tørreste primære Lagring.

(2) Den er større for Mørtlerne 1 : 3 end for Mørtlerne 1 : 2.

(3) Den er for Mørtlerne med 9,5 % Vand som Regel væsentlig større end for de tilsvarende maskinstampede (Tabel T 3).

TABEL V 4—5
Vaadstøbning
Trykstyrke

Absolutte Trykstyrker i at.

Tabel V 4
Lagringsmaade: Primær Lagring + 28 L

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt				Middel-tal
		9,5 %	12,5 %	15,5 %	18,5 %	
1 : 2	1F + 6V	401	495	443	315	414
	7F	491	516	421	322	438
	1F + 6L	329	308	248	185	268
1 : 3	1F + 6V	372	330	283	206	298
	7F	383	356	284	214	309
	1F + 6L	248	199	163	120	183

(1) Styrkens Maksimum træffes som Regel hos den tørreste Mørtel; hos Mørtlerne 1 : 2 undertiden hos den næsttørreste.

(2) Den tørreste primære Lagring medfører langt ringere Styrke end de to vaadere.

(3) Disse giver omtrent ens Styrke.

Tabel V 5
Lagringsmaade: Primær Lagring + 56 L

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt				Middel-tal
		9,5 %	12,5 %	15,5 %	18,5 %	
1 : 2	1F + 6V	432	505	469	331	434
	7F	518	508	427	351	451
	1F + 6L	403	366	299	245	328
1 : 3	1F + 6V	417	354	312	240	331
	7F	424	373	283	232	328
	1F + 6L	315	261	222	172	243

(1) Styrkens Maksimum træffes som Regel hos den tørreste Mørtel, i et enkelt Tilfælde hos den næsttørreste.

(2) Den tørreste primære Lagring medfører ringere Styrke end de to vaadere.

(3) Disse giver omtrent ens Styrke.

TABEL V 6
Vaadstøbning
Trykstyrke

Trykstyrken efter 9 Uger i % af Trykstyrken efter 5 Uger.

Tabel V 6

Lagringsmaade: Primær Lagring + $\begin{cases} 28 \text{ L} \\ 56 \text{ L} \end{cases}$

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt				Middeltal
		9,5 %	12,5 %	15,5 %	18,5 %	
1 : 2	1F + 6V	108	102	106	105	105
	7F	105	99	101	109	104
	1F + 6L	123	119	120	133	124
1 : 3	1F + 6V	112	107	110	117	112
	7F	111	105	100	108	106
	1F + 6L	127	131	136	144	135

(1) Styrkestigningen i 2' Luftlagringsmaaned er størst efter den tørreste primære Lagring.

2) Den er større for Mørtlerne 1 : 3 end for Mørtlerne 1 : 2.

TABEL V 7—8
Vaadstøbning
Bøjningsstyrke
Trykstyrke

Bøjningsstyrken i % af Trykstyrken.

Tabel V 7

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28 L

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt				Middeltal
		9,5 %	12,5 %	15,5 %	18,5 %	
1 : 2	1F + 6V	15,9	17,7	19,5	24,6	19,4
	7F	15,2	17,5	18,5	23,8	18,8
	1F + 6L	19,8	20,3	22,8	29,5	23,1
1 : 3	1F + 6V	16,9	19,4	22,4	27,8	21,6
	7F	17,6	18,1	20,9	27,3	21,0
	1F + 6L	21,2	24,9	28,2	37,9	28,1

(1) Styrkeforholdet er mindre for Mørtler 1 : 2 end for Mørtler 1 : 3.

(2) » » størst for den tørreste primære Lagring.

(3) » » omtrent ens for de to vaadere Lagringsmaader.

(4) » vokser med voksende Støbevandsmængde.

(5) » er større end ved maskinstampede Mørtler med samme Støbevandsmængde (se Tabel T 7, Side 94), fordi Overgangen fra Tørstøbning til Vaadstøbning medfører mindre Styrketab i Henseende til Bøjningsstyrke end i Henseende til Trykstyrke.

Tabel V 8

Lagringsmaade: Primær Lagring + 56 L

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Støbevandsmængde i % af Tørstoffernes Vægt				Middeltal
		9,5 %	12,5 %	15,5 %	18,5 %	
1 : 2	1F + 6V	16,9	17,2	18,4	25,8	19,6
	7F	15,2	17,0	18,5	22,0	18,2
	1F + 6L	18,9	19,6	24,2	29,5	23,1
1 : 3	1F + 6V	18,4	19,0	23,4	32,1	23,2
	7F	16,7	18,3	24,4	31,3	22,7
	1F + 6L	22,2	23,2	29,7	30,9	26,5

(1) Styrkeforholdet er mindre for Mørtler 1 : 2 end for Mørtler 1 : 3.

(2) » » størst for den tørreste primære Lagring.

(3) » » omtrent ens for de to vaadere Lagringsmaader.

(4) » vokser med voksende Støbevandsmængde.

(5) » er større end ved maskinstampede Mørtler med samme Støbevandsmængde (se Tabel T 8, Side 94 samt Tabel V 7).

(6) Styrkeforholdet har ikke ændret sig væsentlig i den sidste Luftlagringsmaaned.

c. OVERSIGT OVER FORSØGSRESULTATERNE

α. Flydeevne.

Det halve Antal Mørtler var tørstøbte (maskinstampede) med 6,5—10,5 % Vand, Resten var vaadstøbte (haandstampede) med 9,5—18,5 % Vand.

Mørtlerne med mindre end 12,5 % Vand var saa tørre, at deres Konsistens ikke kunde bestemmes med Rystebordet (Side 86). Hos de øvrige voksede Flydeevnen noget langsommere end Vandprocenten. Mørtler 1:2 og 1:3 med ens Vandprocent havde ens Flydeevne.

β. Bøjningsstyrke.

Stampemaadens Indflydelse. De maskinstampede Mørtler med 9,5 % Vand er væsentlig stærkere end de tilsvarende haandstampede.

Blandingsforholdets Indflydelse. Styrken er større hos Mørtlerne 1:2 end hos Mørtlerne 1:3, men Forskellen aftager med voksende Luftlagringstid, fordi Luftens Kulsyre virker stærkest paa de porøseste Mørtler.

Støbevandsmængdens Indflydelse er ringe, naar man betragter de tørstøbte Mørtler for sig og de vaadstøbte for sig.

Den primære Lagrings Indflydelse. 5 Ugers Styrken er omtrent ens, enten den primære Lagring har været 1F + 6V eller 7F. Derimod har Lagringen 1F + 6L givet væsentlig ringere Styrke som Følge af den tidlige Udtørring (Tabel T1 og V1).

Efter de 5 Ugers Forløb synes den hydrauliske Hærtningsproces at være afsluttet, saaledes at yderligere Styrkestigning skyldes Indvirkning af Luftens Kulsyre, og derfor betinges af, at Mørtlerne er porøse. Dette fremgaar af følgende Middeltal for Styrkestigningen fra 5' til 9' Uge:

Tørstøbte Mørtler 8 %	Mørtler 1:2 8 %	Vaad primær Lagring 5 %
Vaadstøbte » 15 %	» 1:3 15 %	Tør » » 25 %

Som Følge af disse Forhold sker der fra 5' til 9' Uge en Udjævning af Styrkeforskellen mellem Mørtlerne 1F + 6L og Mørtlerne med vaad primær Lagring; hos de tørstøbte Mørtler er Udjævningen fuldstændig, hos de vaadstøbte kun delvis.

γ. Trykstyrke.

Stampemaadens Indflydelse. De maskinstampede Mørtler med 9,5 % Vand er meget stærkere end de tilsvarende haandstampede.

Blandingsforholdets Indflydelse. Styrken er større hos Mørtlerne 1:2 end hos Mørtlerne 1:3, men Forskellen aftager med voksende

Luftlagringstid, fordi Luftens Kulsyre virker stærkest paa de porøseste Mørtler.

Støbevandsmængdens Indflydelse er ret ringe hos de tørstøbte Mørtler; disse fandtes stærkest med 7,5—9,5 % Vand.

Hos de vaadstøbte Mørtler er Indflydelsen større; Styrkens Maximum fandtes som Regel hos den tørreste Mørtel, blandt Mørtlerne 1:2 undertiden hos den næsttørreste.

Den primære Lagrings Indflydelse paa 5 Ugers Trykstyrken er den samme som paa 5 Ugers Bøjningsstyrken.

Styrkestigningen fra 5' til 9' Uge udgjorde:

Tørstøbte Mørtler 7 %	Mørtler 1:2 9 %	Vaad primær Lagring 5 %
Vaadstøbte » 14 %	» 1:3 13 %	Tør » » 22 %

Det kan undre, at hverken Trykstyrken eller Bøjningsstyrken paa- virkes af Vaadlagringens Art, medens Vandtætheden paa- virkes over- ordentlig stærkt, som det fremgaar af Rørforsøgene (se f. Eks. Side 33). Maaske følger Vandtætheden andre Love end Styrken, maaske er det kun de grove Porer i Støbeskellene, der behøver det flydende Vand for at blive tætte, maaske spiller det en Rolle, at Rørene vaadlagredes i 4 Uger, Stængerne kun i 1.

δ. Forholdet S^b:S^c.

Stampemaadens Indflydelse. For Mørtler med 9,5 % Vand er Bøjningsstyrken udtrykt i % af Trykstyrken:

Maskinstampede Mørtler:	13,6—21,2 %
Haandstampede »	: 15,2—22,2 %

Blandingsforholdets Indflydelse. S^b:S^c er mindre hos Mørtlerne 1:2 end hos Mørtlerne 1:3.

Støbevandsmængdens Indflydelse.

Hos de tørstøbte Mørtler er S^b:S^c mindst ved en middelstor Vand- procent, men dennes Indflydelse er iøvrigt ringe.

Hos de vaadstøbte Mørtler vokser S^b:S^c meget stærkt med Vand- procenten.

Den primære Lagrings Indflydelse. De to vaade Lagringsmaader giver paa det nærmeste samme Værdi af S^b:S^c. Den tørre Lagrings- maade giver en væsentlig højere Værdi.

Luftlagringstidens Indflydelse. Mellem 5' og 9' Uge sker der ingen væsentlig Ændring af S^b:S^c.

2. BETYDNINGEN AF, OM MØRTLERNE FREMSTILLES AF FUGTIGT ELLER AF TØRT SAND.

Medens man i Rørstøberierne oftest fremstiller Mørtel af fugtigt Sand, anvendtes der ved Mørtelfremstillingen i Laboratoriet udelukkende Sand, der forud var tørret. For at undersøge, om denne Afvigelse fra de praktiske Forhold har nogen Indflydelse paa Mørtlernes Styrke, udførtes følgende Forsøg, der tillige tilsigtede at skaffe Oplysning om Virkningen af, at Mørtlernes henstod nogen Tid i Blandekarret, inden de anvendtes.

a. Forsøgenes Udførelse.

Prøvelegemer: 2·2·12 cm Stænger.

Materialer: Portlandcement fra Fabriken *Kongsdal* (ikke samme Levering som til de øvrige Forsøg) og Bakkegrus.

Blandingsforhold efter Vægt: $P_c : P_s = 1 : 3$.

Støbevandsmængden udtrykt i % af Tørstoffernes Vægt var 8,8 for tørstøbte og 14,3 for vaadstøbte Mørtler.

Konsistensen af Mørtel med 8,8 % Vand, var som den bruges ved Tørstøbning paa anerkendt gode Rørstøberier; Mørtel med 14,3 % Vand var plastisk.

Blandingen. Som beskrevet Side 87.

Prøvelegemernes Fremstilling. Der fremstilledes Mørtler dels af fugtigt Sand, dels af tørt Sand. Det fugtige Sand fremstilledes af det tørre Sand, ved 1 Døgn før dets Anvendelse at blande det med 4 Vægtprocent Vand og opbevare det under en Glasklokke, der hindrede Vandafgivelse. Af de af fugtigt og tørt Sand fremstillede Mørtler formedes 2 Sæt Prøvelegemer, et Sæt, hvis Støbning paabegyndtes straks efter Blandings Afslutning, og et Sæt, hvis Støbning først paabegyndtes, efter at Mørtlen havde henstaaet under Dække i en Time fra Blandings Begyndelse at regne. Iøvrigt foregik Fremstillingen som beskrevet Side 87.

Lagringsmaaden. Prøvelegemerne anbragtes straks efter Fremstillingen i fugtig Luft og lagredes der indtil Prøvningen efter 28 Døgn Forløb.

Rumvægtsbestemmelse. Umiddelbart før Styrkeprøvningen bestemtes Stængernes Rumvægte, idet Stængernes Rumfang bestemtes ved den i »Cementrørs Vandtæthed« Side 6 beskrevne Metode.

Styrkeprøvningen. Som beskrevet Side 89.

b. Forsøgsresultater.

De fundne Styrketal findes i efterfølgende Tabel, hvori ogsaa Rumvægtene er indført. For Bøjningsstyrkernes og Rumvægtenes Vedkommende er Tallene Middeltal af 5 Værdier, for Trykstyrkernes Vedkommende af 10 Værdier.

Stampe- maade	Støbevands- mængde $P_v : (P_c + P_s)$	Sandets Til- stand før Blandingen	Mørtlens Alder ved Støbningens Begyndelse	Stænger- nes Rum- vægt g/cm ³	Styrketal	
					Bøjning at	Tryk at
Maskin- stampning	8,8 %	fugtigt	0 Timer	2,31	72	480
	» »	tørt	» »	2,30	71	463
	» »	fugtigt	1 »	2,30	70	463
	» »	tørt	» »	2,29	71	459
Haand- stampning	14,3 %	fugtigt	0 Timer	2,21	59	273
	» »	tørt	» »	2,19	59	273
	» »	fugtigt	1 »	2,21	57	287
	» »	tørt	» »	2,20	59	279

Tabellen viser, at saavel tørstøbte som vaadstøbte Mørtlernes Rumvægt og Styrke er upaavirket af, om det Sand, der anvendes til Mørtelfremstillingen, er fugtigt eller tørt, naar Cementen blandes i, samt at det ingen Indflydelse har, at Mørtlen bliver 1 Time gammel, før Støbningen finder Sted.

Det ses, at den vaadstøbte Mørtel er svagere end den tørstøbte. Underlegenheden er 17 % i Henseende til Bøjningsstyrke og 40 % i Henseende til Trykstyrke. Rumvægten af den vaadstøbte Mørtel er ca. 4,5 % mindre end Rumvægten af den tørstøbte.

C. PORTLANDCEMENTMØRTELS STYRKETAB VED NEDLÆGNING I VAND ELLER SYRE.

Forsøgenes Formaal var at undersøge:

- 1) Det Styrketab, som luftlagrede Portlandcementmørtler lider, naar de gennemtrænges af Vand.
- 2) Styrkens Stigen eller Falden under en paafølgende Vand- eller Syrelagring.

Forsøgene udførtes med to Mørtler med meget forskellig Tæthedsgrad, nemlig en tørstøbt Mørtel 1:2 og en vaadstøbt Mørtel 1:3.

1. FORSØGENES UDFØRELSE.

Prøvelegemer: 2 · 2 · 12 cm Stænger.

Materialer: Som angivet Side 86.

Blandingsforhold efter Vægt: $P_c : P_s = 1 : 2$ og $P_c : P_s = 1 : 3$.

Støbevandsmængderne udtrykt i % af Tørstoffernes Vægt var 8,6 % for den tørstøbte Mørtel 1:2 og 13,0 % for den vaadstøbte Mørtel 1:3.

Konsistensen af Mørtlen 1:2 med 8,6 % Vand var, som den bruges ved Tørstøbning paa anerkendt gode Rørstøberier.

Konsistensen af Mørtlen 1:3 med 13,0 % Vand var stiv plastisk. Flydeevnen bestemt paa Rystebord ved 12 Ryst var ca. 1,35.

Blandingen foregik i en Hobart Blandemaskine. Blandetiden var 3 Minutter, og der blandedes til 3 Stænger ad Gangen.

Prøvelegemernes Fremstilling.

1) De tørstøbte Stænger af Mørtel 1:2 fremstilledes af 110 g Mørtel, der fyldtes i en Staalform (Fig. 29, Side 88) og derpaa komprimeredes i et Böhmes Hammerapparat ved 25 Slag. Vandtilsætningen var saadan, at der lige netop traadte Slam frem ved Komprimeringen. Umiddelbart efter Fremstillingen afformedes Stængerne.

2) De vaadstøbte Stænger af Mørtel 1:3 fremstilledes i Messingforme med Spejlglassbund som beskrevet Side 87.

Lagringsmaade:

1' Døgn i fugtig (vandmættet) Luft	1F
2'—7' » » stillestaaende Vand	6V
8'—35' » » Laboratorieluft	28L
36' » » rindende Vand	1V
derefter » stillestaaende Vand eller i Syre.	

Vandlagringen foregik i Glaskasser.

Syrelagringen foregik paa »Syrehjul« (se Fig. 30), hvor Stængerne fastholdtes langs Periferien af Hjul, der i lukkede Glaskasser (den overdækkende Glaskasse er ikke vist paa Figuren) langsomt drejede sig om en vandret Akse, liggende lidt over Vædskespejlet. Stængerne var anbragt med Længderetningen parallel med Omdrejningsaksen og saaledes, at den Side, der skulde være Trækside ved det senere Bøjningsforsøg, vendte bort fra Aksen. Der var hele Tiden 36 Stænger paa hvert Hjul, idet der, efterhaanden som Mørtelstængerne blev udtaget, blev indsat Træstænger i deres Sted; Lysvidden mellem Stængerne

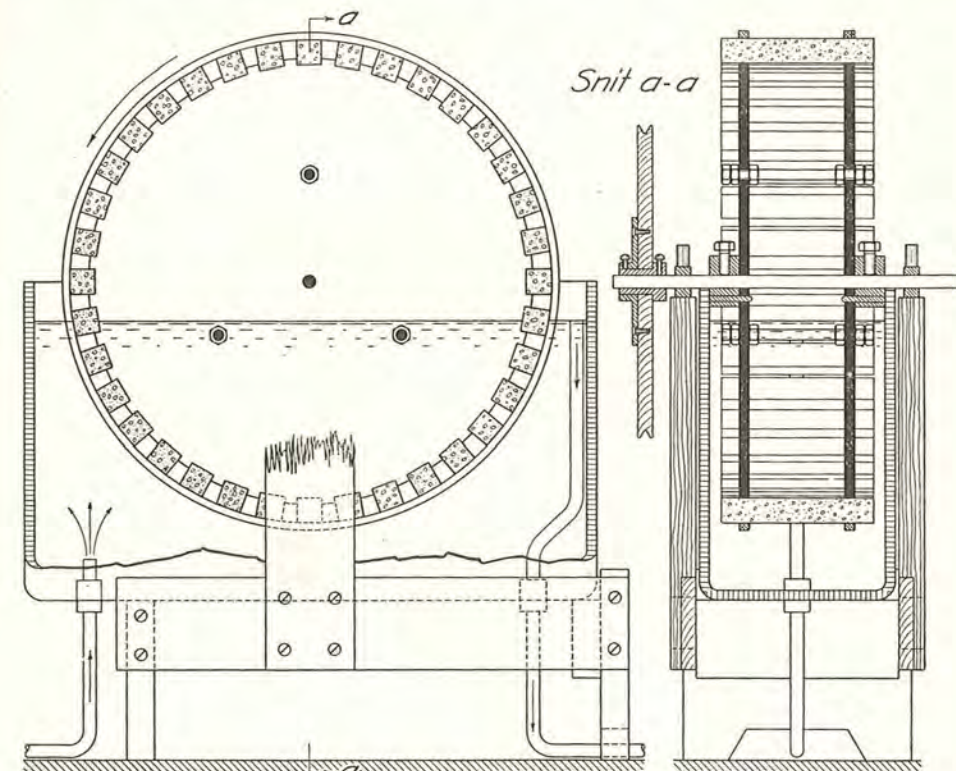


Fig. 30. Syrehjul. 1:6.

var ca. 12 mm. Syren i Glaskassen stod saa højt, at 16 Stænger samtidigt var neddyppet deri. Mængden var 10,8 Liter, der skiftedes ugentligt.

Syre: $\frac{1}{10}$ normal Mælkesyre (teknisk).

Styrkeprøvningen udførtes paa 8 forskellige Tidspunkter og med Stængerne i den Tilstand (vaad eller tør), hvori de var ved Lagringens Afbrydelse. Der udførtes eet Bøjnings- og to Trykforsøg med hver Stang som beskrevet Side 89. Bøjningsstyrkerne er Middeltal af 3 Værdier og Trykstyrkerne af 6.

2. FØRSØGSRESULTATER.

a. De vandlagrede Stænger.

Styrketallene er indført i Tabel 21. Sættes Styrken efter Gennemvædningen lig 100, faas de i Tabel 22 indførte relative Styrketal. Sættes Styrken før Gennemvædningen lig 100, faas Tallene i Tabel 22 a. Forholdene er grafisk fremstillede i Fig. 31.

TABEL 21.

Absolutte Styrker (at).

Lagringsmaade og Alder i Døgn ved Prøvningen	Tørstøbt i Mortel 1:2		Vaadstøbt Mortel 1:3	
	Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk
1F+6V = 7	64,3	457	36,4	170
1F+6V+14L = 21	97,8	655	58,9	282
1F+6V+28L = 35	94,1	653	58,9	302
1F+6V+28L+1V = 36	64,6	502	39,0	216
1F+6V+28L+15V = 50	78,3	574	52,8	268
1F+6V+28L+29V = 64	83,0	629	54,4	305
1F+6V+28L+85V = 120	83,6	638	57,0	341
1F+6V+28L+169V = 204	89,3	692	56,6	388

TABEL 22.

Relative Styrker.

Lagringsmaade og Alder i Døgn ved Prøvningen	Tørstøbt Mortel 1:2		Vaadstøbt Mortel 1:3	
	Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk
1F+6V = 7	100	91	93	79
1F+6V+14L = 21	151	130	151	131
1F+6V+28L = 35	146	130	151	140
1F+6V+28L+1V = 36	100	100	100	100
1F+6V+28L+15V = 50	121	114	135	124
1F+6V+28L+29V = 64	128	125	139	141
1F+6V+28L+85V = 120	129	127	146	158
1F+6V+28L+169V = 204	138	138	145	180

TABEL 22 a.
Relative Styrker.

Lagringsmaade og Alder i Døgn ved Prøvningen	Tørstøbt Mortel 1:2		Vaadstøbt Mortel 1:3	
	Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk
1F+6V+28L = 35	100	100	100	100
1F+6V+28L+1V = 36	69	77	66	71
1F+6V+28L+169V = 204	95	106	96	128

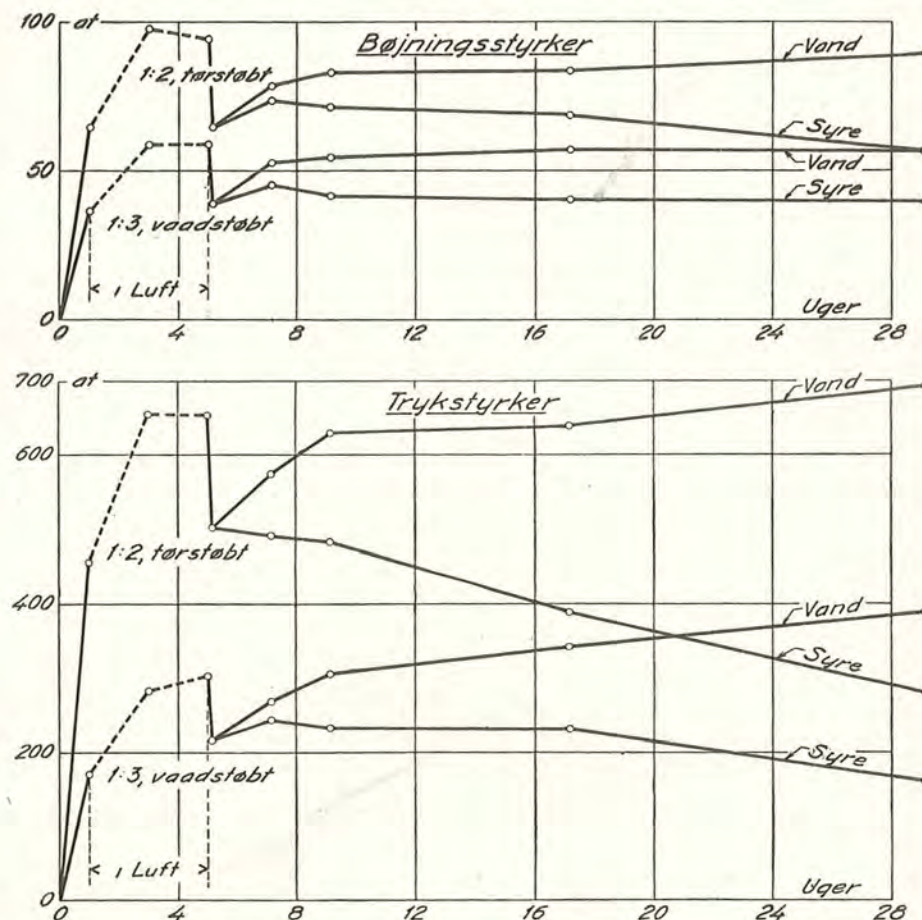


Fig. 31. Styrkekurver for vand- og syrelagrede Stænger.

Det fremgaar af Figuren og Tabellerne, at Styrken er stærkt stigende i de første 21 Døgn og derpaa nærmest uforandret under de følgende 14 Døgn Luftlagring.

Ved Stængernes Nedlægning i Vand efter Luftlagringens Afslutning

synker Styrken gennemsnitlig til 71 % af Tørstyrken (73 % for Tørstøbt 1 : 2; 69 % for Vaadstøbt 1 : 3; 68 % for Bøjningsstyrken; 74 % for Trykstyrken), men vokser atter under den fortsatte Vandlagring. Indenfor Forsøgstiden genvandtes Bøjningsstyrken ikke fuldt (se Tabel 22 a), hvorimod Trykstyrken mere end genvandtes. Om lignende Forsøg se Fig. 32 samt Tabellerne P 3 og P 13, Side 117 og 140.

Baade Styrketab og Styrkestigning er større for den vaadstøbte, magre Mørtel end for den tørstøbte, fede, fordi den første er porøst og lettest gennemtrængelig for Vandet.

b. De syrelagrede Stænger.

De fundne Styrketal er indført i Tabel 23. Sættes Styrken af de vandmættede Stænger ved Syrelagringsens Begyndelse lig 100, faas de i Tabel 24 indførte relative Styrketal. Forholdene er grafisk fremstillede i Fig. 31.

TABEL 23.
Absolutte Styrker (at).

Lagringsmaade og Alder i Døgn ved Prøvningen	Tørstøbt Mørtel 1 : 2		Vaadstøbt Mørtel 1 : 3	
	Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk
1F + 6V + 28L + 1V = 36	64,6	502	39,0	216
1F + 6V + 28L + 1V + 14S = 50	73,4	491	45,2	243
1F + 6V + 28L + 1V + 28S = 64	71,4	483	41,8	232
1F + 6V + 28L + 1V + 84S = 120	68,8	388	40,3	230
1F + 6V + 28L + 1V + 168S = 204	56,8	279	39,7	160

TABEL 24.
Relative Styrker.

Lagringsmaade og Alder i Døgn ved Prøvningen	Tørstøbt Mørtel 1 : 2		Vaadstøbt Mørtel 1 : 3	
	Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk
1F + 6V + 28L + 1V = 36	100	100	100	100
1F + 6V + 28L + 1V + 14S = 50	114	98	116	112
1F + 6V + 28L + 1V + 28S = 64	110	96	107	107
1F + 6V + 28L + 1V + 84S = 120	106	77	103	106
1F + 6V + 28L + 1V + 168S = 204	88	56	102	74

Tabel 24 og Fig. 31 viser, at Styrken som Regel stiger et Stykke ind i Syrelagringsperioden, først derefter faar Syrens tærende Virkning Overtaget.

Stigningen er, ligesom i Tabel 22, større for Bøjningsstyrken end for Trykstyrken og større for den vaadstøbte Mørtel 1 : 3 end for den tørstøbte Mørtel 1 : 2. Det samme Forhold mellem Stigningen i Bøjningsstyrke og Trykstyrke og mellem Stigningen for vaadstøbt Mørtel 1 : 3 og tørstøbt Mørtel 1 : 2 genfindes i Tabel P 11 Side 130. At de relative Styrketal der er noget større ligger i, at det halve Antal Prøvelegemer lagredes i stillestaaende Syre, hvilket giver svagere Angreb end Lagring paa Syrehjul.

Den paafølgende Svækkelse er større for Trykstyrken end for Bøjningsstyrken.

Udtrykkes de syrelagrede Stængers Styrke i % af de vandlagredes, faas Værdierne i Tabel 25.

TABEL 25.
De syrelagrede Stængers Styrke i % af de vandlagredes.

Lagringsmaade og Alder i Døgn ved Prøvningen	Tørstøbt Mørtel 1 : 2		Vaadstøbt Mørtel 1 : 3	
	Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk
1F + 6V + 28L + 1V = 36	100	100	100	100
1F + 6V + 28L + 1V + 14S = 50	94	86	86	91
1F + 6V + 28L + 1V + 28S = 64	86	77	77	76
1F + 6V + 28L + 1V + 84S = 120	82	61	71	67
1F + 6V + 28L + 1V + 168S = 204	64	40	70	41

3. OVERSIGT OVER FORSØGSRISULTATERNE.

Naar lufttørrede Stænger af Portlandcementmørtel nedlægges i Vand, svækkes de straks meget stærkt paa Grund af Gennemvædningen.

Lagres Stængerne videre i Vand, stiger Styrken atter, og Bøjningsstyrken stiger hurtigst, men den naar dog ikke sin oprindelige Værdi, hvorimod Trykstyrken genvindes. Saavel den øjeblikkelige Svækkelse som den senere Styrkestigning synes at vokse med Mørtlens Porøsitet.

Lagres Stængerne videre i Syre, ophører Styrkestigningen ikke straks, fordi der i Begyndelsen er rent Vand i Mørtlens Porer; først efter nogen Tids Syrelagring faar Tæringen Overtaget, og Svækkelsen findes da større for Trykstyrkens Vedkommende end for Bøjningsstyrkens. Dette sidste er i Overensstemmelse med tidligere Forsøg foretagne i Laboratoriet for Byggeteknik (se Ingeniøren 1929, Side 545).

D. SYREFASTHEDSFORSØG MED PORTLAND-, VELO- OG MOLERCEMENTMØRTLER.

1. Indledning.

Formålet med efterfølgende Forsøgsrække var at undersøge, om der i Henseende til Syrefasthed kan opnaas Fordele ved til Fremstilling af Cementrør at anvende Velo- eller Moler cement i Stedet for Portland cement.

Begge Cementer er danske Specialcementer. Velocementen er en hurtighærdnende, meget finmalet Portland cement; Moler cementen er en sammenmalet Blanding af Portland cementklinker og brændt Moler i Vægtforholdet 3 : 1.

Der udførtes to Forsøgsrækker, een i 1929—30 med Mælkesyre, og een i 1929 med Kulsyre. Førstnævnte Forsøgsrække bestod i Virkeligheden af to, af hvilke den ene udførtes i 1929, den anden i 1930, men disse to er i det efterfølgende behandlet under eet.

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 152.

Vil man ved Styrkeforsøg bestemme Syrefastheden af et Stof, hvis Styrke ikke (p. Gr. af Hærdning ell. lign.) ændrer sig i Tidens Løb, f. Eks. brændt Ler, er det naturligt at styrkeprøve Stoffet efter og før Syrelagringen, hver Gang i tørret Tilstand — eftersom alene Prøvelegemets Vædning kan medføre et Styrketab —, og bruge Styrkeforholdet som Maal for Syrefastheden.

For Mørtler er denne Fremgangsmaade uegnet, først og fremmest fordi deres Styrke vokser med Tiden; lægges de i surt Vand, vil der dels foregaa en Tæring, dels en Hærdning, saaledes at ovennævnte Styrkeforhold kan blive større end 1, til Trods for at Syren har skadet. Dertil kommer, at man ikke kan udtørre Prøvelegemerne uden at ændre deres Egenskaber.

Cementmørtlers Modstandsdygtighed overfor Syre kan næppe karakteriseres paa fuldtud fyldestgørende Maade, med mindre man bestemmer Prøvelegemernes Styrke saavel forud for Syrelagringen som paa forskellige Tidspunkter under denne og optegner Kurver, der viser

Styrkevariationen, som det f. Eks. er gjort i dette Afsnits Stykke 2 (Fig. 31 Side 107); ved at sammenligne disse Kurver med tilsvarende fundet for tilsvarende vandlagrede Legemer, faar man et godt Bedømmelsesgrundlag for den paagældende Syres Virkning.

Ved denne Fremgangsmaade vilde imidlertid Antallet af Prøver være svulmet altfor stærkt op, og man maatte derfor søge enklere Bedømmelsesgrundlag. Man blev staaende ved følgende to:

1) Forholdet $\frac{\text{Styrke efter Syrelagring}}{\text{Styrke efter Vandlagring}}$ paa et givet Tidspunkt. Dette

Forhold svarer til Styrkeforholdet mellem to Rørledninger af ganske ens Rør, der har ligget lige længe under Grundvandet, den ene Ledning i surt Vand, den anden i neutralt Vand.

Ved denne Fremgangsmaade er man uafhængig af fremmede Maalestokke; de to Prøvelegemer, der sammenlignes, er nøjagtig ens, og hvis Prøven gentages under lidt ændrede Forhold — hvis den forudgaaende Lagring f. Eks. sker i lidt varmere eller lidt tørrere Luft — er Sandsynligheden for at faa ens Resultat den størst mulige.

2) Forholdet $\frac{\text{Styrke efter Syrelagring}}{\text{Styrke før Syrelagring}}$ for gennemvædede Prøvelegemer.

Da Prøvelegemerne laa 1 Døgn i Vand, før Syrelagringen paa-begyndtes, fik man, ved at styrkeprøve dem umiddelbart efter dette Døgns Forløb, bestemt deres Styrke, efter at den af Gennemvædningen foraarsagede Svækkelse havde fundet Sted, saaledes at nævnte Forhold kun udtrykker Syrens Virkning. Dette Forhold har f. Eks. Betydning, hvis man skal vælge mellem flere Mørtler til Fremstilling af Rør til en Ledning i surt Vand. Den Mørtel, for hvilken det nævnte Forhold er størst, vil da oftest være den bedst egnede.

Begge de nævnte Styrkeforhold vil oftest aftage stærkt med voksende Syrelagringstid. Denne maa derfor være ens, hvis Resultaterne af flere Forsøgsrækker skal kunne sammenlignes.

Hvad Prøvelegemernes Forbehandling angaar, søgte man at være i Overensstemmelse med Rørstøberierne; i den 1' Uge laa Stængerne i Vand eller i fugtig Luft, i de følgende 4 Uger i Laboratorieluft.

Efter denne Forbehandling lagdes de i Vand, hvor det halve Antal forblev indtil Prøvningen, medens Resten kun vandlagredes i 1 Døgn og derefter syrelagredes. Fra denne Regel afveg kun de Side 164 omtalte Stænger, der efter Forbehandlingen enten forblev i Luft eller nedlagdes i Syre.

Naar Stængerne lagredes i Vand i det sidste Døgn inden Syrelagringen og altsaa udsattes for Syren i gennemvædet Tilstand, var Hensigten at mildne Syreangrebet i Overensstemmelse med Forholdene i Praxis, hvor tørre Cementrør sjældent vil forekomme.

2. Mælkesyreforsøg.

a. Forsøgenes Udførelse.

Prøvelegemer: 2 · 2 · 12 cm Stænger.

Materialer: Dansk Portlandcement, Velocement og Molerement samt Bakkesand, som angivet Side 15.

Blandingsforhold: 1:2 og 1:3 efter Vægt.

Støbevandsmængde: 8,4 til 17,2 % af Tørstoffernes Vægt som indført i Tabel 26.

TABEL 26.
Støbevandsmængde i % af $P_c + P_s$.

	Blfh.	Portlandcement	Velocement	Molerement
Tørstøbning	1 : 2	8,6 %	8,8 %	12,2 %
	1 : 3	8,4 »	8,5 »	10,6 »
Vaadstøbning	1 : 2	13,2 %	13,2 %	17,2 %
	1 : 3	13,0 «	13,0 »	15,6 »

Konsistens: Samtlige tørstøbte Mørtler fremstilledes med ens Konsistens; samtlige vaadstøbte Mørtler ligesaa. For de tørstøbte Mørtlers Vedkommende fremstilledes Stængerne med en saadan Komprimering og med saa meget Vand, at de ved Afformningen viste en Slamudtrædning svarende til den, som Rørene fra gode Rørstøberier viser (se Side 16). I Henhold til Side 90 og 92 opnaar Mørtlerne med disse Støbevandsmængder paa det nærmeste Maksimum af Styrke, uden at det dog betyder stort, om Vandprocenten er noget højere eller lavere. For de vaadstøbte Stænger var Konsistensen stiv plastisk; Flydeevnen bestemt paa Rystebord ved 12 Ryst var 1,35.

Blandingen foregik i en Hobart Blandemaskine. Blandetiden var 3 Minutter, og der blandedes Mørtel til 3 Stænger ad Gangen.

Prøvelegemernes Fremstilling. De tørstøbte Stænger fremstilledes af 110 g Mørtel og komprimeredes i et Böhmes Hammerapparat som beskrevet Side 87. Ved denne Fremgangsmaade blev Stængernes Højde

ikke nøjagtig ens; gennemsnitlig var den for P-, V- og M-Stænger henholdsvis 2,01, 2,00 og 2,03 cm, hvilket der er taget Hensyn til ved Spændingsudregningen. Umiddelbart efter Fremstillingen afformedes Stængerne.

De vaadstøbte Stænger fremstilledes som angivet Side 87.

Lagringsmaaden i de første 7 Døgn betegnes i det følgende som den primære Lagring og var een af følgende to:

1 Døgn i fugtig Luft + 6 Døgn i Vand 1F + 6V.
7 » » » » » 7F.

Derefter henlaa alle Stængerne paa Tremmehylder i Laboratorieluft i 28 Døgn. 28L.

Paa dette Tidspunkt bestemtes Rumvægten for 4 Stænger af hver Slags, hvorpaa de alle lagdes 1V.
1 Døgn i Vand 1V.

72 Stænger, tre af hver Slags, blev derefter styrkeprøvede med det Formaal at undersøge Styrken ved Syrelagringens Begyndelse.

De resterende 288 Stænger lagredes 42V ell. 42S.
42 Døgn i Vand eller Syre 42V ell. 42S.

Vandlagringen foregik i Glaskasser.

Syrelagringen foregik for 72 Stængers Vedkommende i Glaskasser med stillestaaende Syre. I hver Kasse var der 3 Stænger og 750 cm³ Syre, saaledes at Syremængden pr. cm³ Mørtel var 5,2 cm³; den skiftedes ugentlig. En af de ved Støbningen lodrette Sideflader vendte opad under Syrelagringen. De øvrige 72 Stænger lagredes paa Syrehjul, som angivet Side 105. Syremængden var her 6,2 cm³ pr. cm³ Mørtel; ogsaa den skiftedes ugentlig.

De paa Syrehjul lagrede Stænger viste sig at være svagere end de i Glaskasser lagrede, navnlig for Blandingsforholdet 1:2, men Styrketallene meddeles dog ikke for hver Række for sig, kun deres Middeltal, der er lagt til Grund for Bedømmelsen af Mørtlernes Syrefasthed.

Syre: $\frac{1}{10}$ normal Mælkesyre (teknisk).

Styrkeprøvningen: Stængerne prøvedes i vaad Tilstand. Der udførtes dels Bøjningsforsøg, dels Trykforsøg som beskrevet Side 89.

De i Tabellerne indførte Bøjningsstyrker er Middeltal af 6 Værdier, Trykstyrkerne af 12 Værdier; i Tabellerne P1, V1 og M1 er Forsøgs-værdierne dog kun halvt saa mange.

b. Forsøgsresultater for vandlagrede Stænger.

α. RUMVÆGTE.

Efter 5 Ugers Lagring (Lagringsmaader: 1F + 6V + 28L og 7F + 28L) blev Stængernes Rumvægt bestemt. Stængerne neddyppedes i Kvægsølv, og deres Rumfang bestemtes af Vægten af den fortrængte Kvægsølvsmængde, som nærmere beskrevet i »Cementrørs Vandtæthed« Side 6. Fire Stænger af hver Slags blev undersøgt, og de fundne Middelrumvægte er indført i Tabel 27.

TABEL 27.

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Cementsort	Tørstøbte Mørtler Rumvægt g/cm ³	Vaadstøbte Mørtler Rumvægt g/cm ³
1 : 2	1F + 6V 7F	Portland	2,276 } 2,285 } 2,281	2,235 } 2,244 } 2,240
	1F + 6V 7F	Velo	2,330 } 2,322 } 2,326	2,273 } 2,271 } 2,272
	1F + 6V 7F	Moler	2,142 } 2,148 } 2,145	2,062 } 2,072 } 2,067
1 : 3	1F + 6V 7F	Portland	2,248 } 2,260 } 2,254	2,194 } 2,183 } 2,189
	1F + 6V 7F	Velo	2,304 } 2,306 } 2,305	2,212 } 2,220 } 2,216
	1F + 6V 7F	Moler	2,166 } 2,167 } 2,167	2,074 } 2,086 } 2,080

For de tre Cementers Mørtler under eet gælder:

Den primære Lagring 1F + 6V har oftest givet lidt mindre Rumvægt end Lagringen 7F. Rumvægtsforskellene er i alle Tilfælde smaa (mindre end $\frac{3}{4}\%$).

For de tørstøbte Stængers Vedkommende blev der foretaget en Sammenligning af Vægtene for sig og Rumfangene for sig. Den viste, at de vandlagrede Stænger ved Prøvningen baade var de tungeste og de største, men deres Vægtforøgelse ved Vandoptagelsen var procentvis mindre end deres Rumfangsforøgelse. Dette er i Overensstemmelse med de i »Cementrørs Vandtæthed« Side 7—8 omtalte Resultater.

Tørstøbning har i alle Tilfælde givet noget større Rumvægte end Vaadstøbning; for de magre Mørtler er Forskellen størst (3—4%).

For saavel Portland- som Velocement gælder, at Rumvægten er størst for den fedeste Mørtel; for Molercement gælder det modsatte.

β. BRUDFLADERNES UDSEENDE.

Umiddelbart efter Stængernes Knækning undersøgtes Brudfladernes Udseende dels med det blotte Øje, dels med binokulært Mikroskop med 20 Ganges Forstørring.

Der iagttoges to Slags Porer, nogle som uregelmæssigt begrænsede Kanaler og andre med tilnærmelsesvis Kugleform. Den første Slags fandtes i alle de tørstøbte Mørtler, men ikke i de vaadstøbte; den anden Slags fandtes i alle de vaadstøbte Mørtler, men kun undtagelsesvis i de tørstøbte. Porerens Forskellighed maa tilskrives følgende Forhold:

De tørstøbte Mørtler er saa vandfattige, at Mellemrummene mellem Sandskornene kun bliver delvis udfyldte af den svagt fugtige Cement; efter endt Komprimering er der endnu luftfyldte Kanaler eller Grotter, begrænsede dels af Sandskorn, dels af Cement. Af saadanne Porer var der flere i Mørtlerne 1 : 3 end i Mørtlerne 1 : 2 og flere i Portlandcimenten end i de to andre Cementer.

De vaadstøbte Mørtler er saa vandrige, at der er Cementgrød nok til at fylde Sandskornenes Mellemrum, og Mørtlens indre Friktion er saa ringe, at Luften kan samle sig i Blærer, der, hvis de ikke undviger, antager Form af Kugler, der svømmer i Cementgrøden. Saadanne Blærer fandtes navnlig langs Kalkkorn, og der var flere i Mørtlerne 1 : 3 end i Mørtlerne 1 : 2 og flere i Portlandcimenten end i de to andre Cementer.

γ. STYRKETALLENE.

De fundne Styrketal og de af disse dragne Slutninger findes i og under efterfølgende Tabeller.

	P-Mørtel	V-Mørtel	M-Mørtel
	Tabel	Tabel	Tabel
Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 1V (Styrke A)	P 1	V 1	M 1
» » : » » + » + 43V (» B)	P 2	V 2	M 2
Forholdet $\frac{\text{Styrke B}}{\text{Styrke A}}$	P 3	V 3	M 3
De absolute Styrkers Middelværdier	P 4	V 4	M 4
Forholdet $\frac{\text{V- og M-Mørtels Styrke}}{\text{P-Mørtels Styrke}}$ efter Lagring 1V	P—V—M 5		
» » » » » » 43V	P—V—M 6		
» $\frac{\text{Bøjningsstyrke}}{\text{Trykstyrke}}$ » » 1V	P—V—M 7		
» » » » » » 43V	P—V—M 8		

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 126.

TABEL P 1—2
Vandlagring
Portland

Absolutte Styrker.

Tabel P 1

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	66,3	485	55,7	353
	7F	69,1	499	55,5	362
1 : 3	1F + 6V	61,1	418	38,6	223
	7F	62,4	406	48,9	284
Middeltal		64,7	452	49,7	306

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 42 % stærkere end de vaadstøbte.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 32 %. For Trykstyrken alene er Tallet 52 %.

(2) Efter Lagring 7F er Mørtlerne gennemsnitlig 8 % stærkere end efter Lagring 1F + 6V.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 8 %. For Trykstyrken alene er Tallet 8 %.

Efter en længere Tids Vandlagring (Tabel P 2) samt for Velo- og Molerement (Tabel V 1-2 og M 1-2) fandtes Mørtlerne stærkest efter Lagring 1F + 6V.

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 25 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 19 %. For Trykstyrken alene er Tallet 31 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 15,4 % af Trykstyrken.

For tørstøbte Mørtler alene er Tallet 14,4 %. For vaadstøbte alene er Tallet 16,4 %.

Tabel P 2

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 43V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	86,7	632	72,1	515
	7F	80,4	580	77,1	565
1 : 3	1F + 6V	70,9	552	59,8	348
	7F	70,9	534	59,0	379
Middeltal		77,2	575	67,0	452

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 24 % stærkere end de vaadstøbte.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 16 %. For Trykstyrken alene er Tallet 32 %.

(2) Efter Lagring 1F + 6V er Mørtlerne gennemsnitlig 2 % stærkere end efter Lagring 7F. Vandlagring ophæver altsaa de Forskelle, der skyldes den primære Lagring (se Tabel P 1).

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 1 %. For Trykstyrken alene er Tallet 3 %.

» tørstøbte Mørtler » » » 5 %. » vaadstøbte » » » — 1 %.

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 26 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 22 %. For Trykstyrken alene er Tallet 30 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 14,3 % af Trykstyrken.

For tørstøbte Mørtler alene er Tallet 13,4 %. For vaadstøbte alene er Tallet 15,1 %.

TABEL P 3—4
Vandlagring
Portland

Forholdet Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 43 V
Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 1 V · 100.

Tabel P 3

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	131	130	129	146	134
	7F	117	116	139	156	132
1 : 3	1F + 6V	116	132	155	156	140
	7F	114	132	120	133	122
Middeltal		120	128	136	148	133

Under de 42 Døgn Vandlagring forøges Mørtlernes Styrke gennemsnitlig med 33 %.

For tørstøbte alene er Tallet 24 % For vaadstøbte alene er Tallet 42 %

» Bøjningsstyrken » » » 28 » » Trykstyrken » » » 38 »

» Lagring 1F + 6V » » » 37 » » Lagring 7F » » » 29 »

» Mørtlerne 1 : 2 » » » 33 » » Mørtlerne 1 : 3 » » » 33 »

De absolutte Styrkers Middelværdier.

Tabel P 4

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + $\begin{cases} 1V \\ 43V \end{cases}$

Middeltal for:	Bøjningsstyrker (at) efter Vandlagring i		Tilvækst %	Trykstyrker (at) efter Vandlagring i		Tilvækst %
	1 Døgn	43 Døgn		1 Døgn	43 Døgn	
Samtlige Stænger	57,2	72,1	26	379	513	35
Tørstøbte Stænger	64,7	77,2	19	452	575	27
Vaadstøbte »	49,7	67,0	35	306	452	48
Lagring 1F + 6V	55,4	72,4	30	370	512	38
» 7F	59,0	71,9	22	388	515	33
Mørtler 1 : 2	61,7	79,1	28	425	573	35
» 1 : 3	52,8	65,2	24	333	453	36

De indførte Tilvækster er lidt lavere end de tilsvarende i Tabel P 3; dette skyldes de forskellige Fremgangsmaader ved Udregningen. Tilvæksterne i Tabel P 3 er de rigtige.

At Tilvæksten er særlig lille for tørstøbte Stænger er i Overensstemmelse med foregaende Afsnit C 2 (se Side 108).

TABEL V 1—2
Vandlagring
Velo

Absolutte Styrker.

Tabel V 1

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	104,8	752	79,8	715
	7F	88,5	699	80,1	672
1 : 3	1F + 6V	81,4	650	64,0	552
	7F	79,0	625	60,2	455
Middeltal		88,4	681	71,0	598

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 21 % stærkere end de vaadstøbte.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 25 %. For Trykstyrken alene er Tallet 16 %.

(2) Efter Lagring 1F + 6V er Mørtlerne gennemsnitlig 9 % stærkere end efter Lagring 7F.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 7 %. For Trykstyrken alene er Tallet 10 %.

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 26 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 25 %. For Trykstyrken alene er Tallet 26 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 12,5 % af Trykstyrken.

For tørstøbte Mørtler alene er Tallet 12,9 %. For vaadstøbte alene er Tallet 12,0 %.

Tabel V 2

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 43V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	97,9	814	99,3	850
	7F	98,0	756	98,9	839
1 : 3	1F + 6V	90,3	732	76,0	640
	7F	87,0	717	76,6	640
Middeltal		93,3	755	87,7	742

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 5 % stærkere end de vaadstøbte.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 8 %. For Trykstyrken alene er Tallet 3 %.

» Mørtler 1 : 2 » » » 4 % » Mørtler 1 : 3 » » » 15 %.

(2) Efter Lagring 1F + 6V er Mørtlerne gennemsnitlig 2 % stærkere end efter Lagring 7F.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 1 %. For Trykstyrken alene er Tallet 3 %.

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 20 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 20 %. For Trykstyrken alene er Tallet 20 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 12,2 % af Trykstyrken.

For tørstøbte Mørtler alene er Tallet 12,4 %. For vaadstøbte alene er Tallet 11,9 %.

TABEL V 3—4
Vandlagring
Velo

Forholdet $\frac{\text{Styrke efter: Primær Lagring} + 28L + 43V}{\text{Styrke efter: Primær Lagring} + 28L + 1V} \cdot 100.$

Tabel V 3

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	93	108	124	119	111
	7F	111	108	123	125	117
1 : 3	1F + 6V	111	113	119	116	115
	7F	110	115	127	141	123
Middeltal		106	111	123	125	116

Under de 42 Døgn Vandlagring forøges Mørtlernes Styrke gennemsnitlig med 16 %.

For tørstøbte alene er Tallet 9 % For vaadstøbte alene er Tallet 23 %

» Bøjningsstyrken » » » 14 » » Trykstyrken » » » 18 »

» Lagring 1F + 6V » » » 13 » » Lagring 7F » » » 20 »

» Mørtlerne 1 : 2 » » » 14 » » Mørtlerne 1 : 3 » » » 19 »

De absolutte Styrkers Middelværdier.

Tabel V 4

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + $\begin{cases} 1V \\ 43V \end{cases}$

Middeltal for:	Bøjningsstyrker (at) efter Vandlagring i		Tilvækst %	Trykstyrker (at) efter Vandlagring i		Tilvækst %
	1 Døgn	43 Døgn		1 Døgn	43 Døgn	
	Samtlige Stænger	79,7	90,5	14	640	749
Tørstøbte Stænger	88,4	93,3	6	681	755	11
Vaadstøbte »	71,0	87,7	24	598	742	24
Lagring 1F + 6V	82,5	90,9	10	667	759	14
» 7F	76,9	90,1	17	613	738	21
Mørtler 1 : 2	88,3	98,5	12	711	815	15
» 1 : 3	71,2	82,5	16	570	682	20

De indførte Tilvækster er oftest lidt lavere end de tilsvarende i Tabel V 3; dette skyldes de forskellige Fremgangsmaader ved Udregningen. Tilvæksterne i Tabel V 3 er de rigtige.

TABEL M 1—2
Vandlagring
Moler

Absolutte Styrker.

Tabel M 1 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	65,1	455	44,8	355
	7F	65,6	441	47,4	299
1 : 3	1F + 6V	62,3	420	37,6	262
	7F	61,1	399	38,3	233
Middeltal		63,5	429	42,0	257

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 52 % stærkere end de vaadstøbte. For Bøjningsstyrken alene er Tallet 52 %. For Trykstyrken alene er Tallet 52 %.

(2) Efter Lagring 1F + 6V er Mørtlerne gennemsnitlig 4 % stærkere end efter Lagring 7F.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet -2 %. For Trykstyrken alene er Tallet 10 %.

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 17 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3. For Bøjningsstyrken alene er Tallet 14 %. For Trykstyrken alene er Tallet 20 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 14,8 % af Trykstyrken. For tørstøbte Mørtler alene er Tallet 14,8 %. For vaadstøbte alene er Tallet 14,8 %.

Tabel M 2 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 43V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	84,7	618	63,2	496
	7F	83,1	584	62,5	465
1 : 3	1F + 6V	72,5	529	52,8	355
	7F	73,5	515	55,1	357
Middeltal		78,5	561	58,4	418

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 35 % stærkere end de vaadstøbte. For Bøjningsstyrken alene er Tallet 34 %. For Trykstyrken alene er Tallet 36 %.

(2) Efter Lagring 1F + 6V er Mørtlerne gennemsnitlig 6 % stærkere end efter Lagring 7F.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 0 %. For Trykstyrken alene er Tallet 12 %.

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 20 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3. For Bøjningsstyrken alene er Tallet 16 %. For Trykstyrken alene er Tallet 25 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 14,1 % af Trykstyrken. For tørstøbte Mørtler alene er Tallet 14,0 %. For vaadstøbte alene er Tallet 14,1 %.

TABEL M 3—4
Vandlagring
Moler

Forholdet $\frac{\text{Styrke efter: Primær Lagring} + 28L + 43V}{\text{Styrke efter: Primær Lagring} + 28L + 1V} \cdot 100.$

Tabel M 3

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	130	136	141	140	137
	7F	127	133	132	155	137
1 : 3	1F + 6V	116	126	141	136	130
	7F	120	129	144	153	137
Middeltal		123	131	140	146	135

Under de 42 Døgn Vandlagring forøges Mørtlernes Styrke gennemsnitlig med 35 %. For tørstøbte alene er Tallet 27 %. For vaadstøbte alene er Tallet 43 %.

» Bøjningsstyrken » » » 31 » » Trykstyrken » » » 39 »
» Lagring 1F + 6V » » » 34 » » Lagring 7F » » » 37 »
» Mørtlerne 1 : 2 » » » 37 » » Mørtlerne 1 : 3 » » » 33 »

De absolutte Styrkers Middelværdier.

Tabel M 4 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + $\begin{cases} 1V \\ 43V \end{cases}$

Middeltal for:	Bøjningsstyrker (at) efter Vandlagring i		Tilvækst %	Trykstyrker (at) efter Vandlagring i		Tilvækst %
	1 Døgn	43 Døgn		1 Døgn	43 Døgn	
Samtlige Stænger	52,8	68,5	29	358	490	37
Tørstøbte Stænger	63,5	78,5	24	429	561	31
Vaadstøbte »	42,0	58,4	39	287	418	46
Lagring 1F + 6V	52,5	68,3	30	373	499	34
» 7F	53,1	68,6	29	343	480	40
Mørtler 1 : 2	55,7	73,4	32	387	540	39
» 1 : 3	49,8	63,5	28	328	439	34

De indførte Tilvækster er oftest lidt lavere end de tilsvarende i Tabel M 3; dette skyldes de forskellige Fremgangsmaader ved Udregningen. Tilvæksterne i Tabel M 3 er de rigtigste.

TABEL P-V-M 5

Vandlagring

Forholdet $\frac{V\text{- og M-Mørtels Styrke}}{P\text{-Mørtels Styrke}} \cdot 100.$

Tabel P-V-M 5

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V

P _c : P _s	Primær Lagring	Cement	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
			Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk	
1 : 2	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	158	155	143	202	165
		Moler	98	94	81	101	94
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	128	140	144	186	150
		Moler	95	88	85	83	87
1 : 3	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	133	156	166	248	176
		Moler	102	101	97	117	104
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	127	154	123	160	141
		Moler	98	98	78	82	89
Middeltal	Portland	100	100	100	100	100	
	Velo	136	151	144	199	158	
	Moler	98	95	85	96	94	

Velo-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 1V er Velo-Mørtel gennemsnitlig 58 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 44 % For vaadstøbte alene er Tallet 72 %

» Bøjningsstyrken » » » 40 » » Trykstyrken » » » 75 »

» Lagring 1F + 6V » » » 71 » » Lagring 7F » » » 45 »

» Mørtler 1 : 2 » » » 58 » » Mørtler 1 : 3 » » » 58 »

Moler-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 1V er Moler-Mørtel gennemsnitlig — 6 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet — 3 % For vaadstøbte alene er Tallet — 9 %

» Bøjningsstyrken » » » — 8 » » Trykstyrken » » » — 4 »

» Lagring 1F + 6V » » » — 1 » » Lagring 7F » » » — 12 »

» Mørtler 1 : 2 » » » — 9 » » Mørtler 1 : 3 » » » — 3 »

TABEL P-V-M 6

Vandlagring

Forholdet $\frac{V\text{- og M-Mørtels Styrke}}{P\text{-Mørtels Styrke}} \cdot 100.$

Tabel P-V-M 6

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 43V

P _c : P _s	Primær Lagring	Cement	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
			Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk	
1 : 2	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	113	129	138	165	136
		Moler	98	98	88	96	95
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	122	130	128	148	132
		Moler	103	101	81	82	92
1 : 3	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	127	133	127	184	143
		Moler	102	96	88	102	97
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	123	134	130	169	139
		Moler	104	96	93	94	97
Middeltal	Portland	100	100	100	100	100	
	Velo	121	131	131	166	137	
	Moler	102	98	87	93	95	

Velo-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 43V er Velo-Mørtel gennemsnitlig 37 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 26 % For vaadstøbte alene er Tallet 48 %

» Bøjningsstyrken » » » 26 » » Trykstyrken » » » 48 »

» Lagring 1F + 6V » » » 39 » » Lagring 7F » » » 35 »

» Mørtler 1 : 2 » » » 34 » » Mørtler 1 : 3 » » » 41 »

Moler-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 43V er Moler-Mørtel gennemsnitlig — 5 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 0 % For vaadstøbte alene er Tallet — 10 %

» Bøjningsstyrken » » » — 6 » » Trykstyrken » » » — 4 »

» Lagring 1F + 6V » » » — 4 » » Lagring 7F » » » — 6 »

» Mørtler 1 : 2 » » » — 7 » » Mørtler 1 : 3 » » » — 3 »

Tabel P-V-M 7
Vandlagring

Bøjningsstyrken i % af Trykstyrken.

Tabel P-V-M 7 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Cement	Tørstøbte Mørtler	Vaadstøbte Mørtler	Middeltal
1 : 2	1F + 6V	Portland	13,7 (100)	15,8 (100)	14,7 (100)
		Velo	13,9 (101)	11,2 (71)	12,6 (86)
		Moler	14,3 (104)	12,6 (80)	13,5 (92)
	7F	Portland	13,8 (100)	15,3 (100)	14,6 (100)
		Velo	12,7 (92)	11,9 (78)	12,3 (85)
		Moler	14,9 (108)	15,9 (104)	15,4 (106)
1 : 3	1F + 6V	Portland	14,6 (100)	17,3 (100)	16,0 (100)
		Velo	12,5 (86)	11,6 (67)	12,1 (76)
		Moler	14,8 (101)	14,4 (83)	14,6 (91)
	7F	Portland	15,4 (100)	17,2 (100)	16,3 (100)
		Velo	12,6 (82)	13,2 (77)	12,9 (79)
		Moler	15,3 (99)	16,4 (95)	15,9 (97)
Middeltal	Portland	14,4 (100)	16,4 (100)	15,4 (100)	
	Velo	12,9 (90)	12,0 (73)	12,5 (81)	
	Moler	14,8 (103)	14,8 (90)	14,8 (96)	

Velo-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 1V er Bøjningsstyrken — angivet i Forhold til Trykstyrken — gennemsnitlig 19 % mindre for V-Mørtel end for P-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 10 % For vaadstøbte alene er Tallet 27 %
 » Lagring 1F + 6V » » » 19 » » Lagring 7F » » » 18 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » 14 » » Mørtler 1 : 3 » » » 23 »

Moler-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 1V er Bøjningsstyrken — angivet i Forhold til Trykstyrken — gennemsnitlig 4 % mindre for M-Mørtel end for P-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet — 3 % For vaadstøbte alene er Tallet 10 %
 » Lagring 1F + 6V » » » 9 » » Lagring 7F » » » — 1 »
 » Mørtel 1 : 2 » » » 1 » » Mørtel 1 : 3 » » » 6 »

TABEL P-V-M 8
Vandlagring

Bøjningsstyrken i % af Trykstyrken.

Tabel P-V-M 8 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 43V

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Cement	Tørstøbte Mørtler	Vaadstøbte Mørtler	Middeltal
1 : 2	1F + 6V	Portland	13,7 (100)	14,0 (100)	13,9 (100)
		Velo	12,0 (88)	11,7 (84)	11,9 (86)
		Moler	13,7 (100)	12,8 (92)	13,3 (96)
	7F	Portland	13,9 (100)	13,6 (100)	13,8 (100)
		Velo	13,0 (94)	11,8 (87)	12,4 (90)
		Moler	14,2 (102)	13,4 (98)	13,8 (100)
1 : 3	1F + 6V	Portland	12,8 (100)	17,2 (100)	15,0 (100)
		Velo	12,3 (96)	11,9 (69)	12,1 (81)
		Moler	13,7 (107)	14,9 (86)	14,3 (96)
	7F	Portland	13,3 (100)	15,6 (100)	14,4 (100)
		Velo	12,1 (91)	12,0 (77)	12,1 (84)
		Moler	14,3 (107)	15,4 (99)	14,9 (103)
Middeltal	Portland	13,4 (100)	15,1 (100)	14,3 (100)	
	Velo	12,4 (92)	11,9 (79)	12,2 (85)	
	Moler	14,0 (104)	14,1 (94)	14,1 (99)	

Velo-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 43V er Bøjningsstyrken — angivet i % af Trykstyrken — gennemsnitlig 15 % mindre for V-Mørtel end for P-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 8 % For vaadstøbte alene er Tallet 21 %
 » Lagring 1F + 6V » » » 17 » » Lagring 7F » » » 13 »
 » Mørtel 1 : 2 » » » 12 » » Mørtel 1 : 3 » » » 18 »

Moler-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 43V er Bøjningsstyrken — angivet i % af Trykstyrken — gennemsnitlig 1 % mindre for M-Mørtel end for P-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet — 4 % For vaadstøbte alene er Tallet 6 %
 » Lagring 1F + 6V » » » 4 » » Lagring 7F » » » — 2 »
 » Mørtel 1 : 2 » » » 2 » » Mørtel 1 : 3 » » » 0 »

δ. OVERSIGT OVER RESULTATERNE AF FORSØG MED VANDLAGREDE STÆNGER.

(1) FOR P-, V- og M-MØRTLER UNDER EET GÆLDER (se Tabellerne P1, V1, M1 og P2, V2, M2):

De tørstøbte Mørtler er stærkere end de vaadstøbte. Overlegenheden aftager under de 43 Døgn Vandlagring (se ogsaa Side 106). De senere omtalte Kulsyre-Forsøg synes at vise (Side 140—42), at Overlegenheden vokser, hvis Vandlagringen fortsættes.

Den primære Lagrings Indflydelse paa Styrken er ringe. Lagring 1F + 6V er som Regel Lagring 7F overlegen, navnlig i Henseende til Trykstyrke.

Mørtlerne 1:2 er stærkere end Mørtlerne 1:3. Overlegenheden er størst i Henseende til Trykstyrke og er omtrent uændret under de 43 Døgn Vandlagring. De senere omtalte Kulsyreforsøg synes at vise (Side 140—42), at Overlegenheden vokser lidt ved langvarigere Vandlagring.

Bøjningsstyrkens Forhold til Trykstyrken aftager under Vandlagringen.

Brudfladernes Udseende omtales Side 115.

Tilsvarende Stængers Forhold efter 77 Døgn Vandlagring omtales Side 145.

(2) FOR V- OG M-MØRTLERNES FORHOLD TIL P-MØRTLERNES GÆLDER (se Tabellerne P-V-M 5, P-V-M 6 og P-V-M 7, P-V-M 8):

V-Mørtlerne er væsentlig stærkere end P-Mørtlerne.

Overlegenheden er gennemsnitlig

Den er navnlig stor: $\left\{ \begin{array}{l} \text{for vaadstøbte Stænger} \\ \text{ved primær Lagring 1F + 6V} \\ \text{for Trykstyrken} \end{array} \right.$

M-Mørtlerne er lidt svagere end P-Mørtlerne.

Underlegenheden er gennemsnitlig

Den er mindst: $\left\{ \begin{array}{l} \text{for vaadstøbte Stænger} \\ \text{ved primær Lagring 1F + 6V} \\ \text{for Trykstyrken} \\ \text{» Mørtler 1:3} \end{array} \right.$

Efter primær Lagring + 28L +	
1V	43V
58 0/0	37 0/0
72 »	48 »
71 »	39 »
75 »	48 »
6 0/0	5 0/0
3 »	0 »
1 »	4 »
4 »	4 »
3 »	3 »

V-Mørtlernes Overlegenhed ses at aftage væsentligt under Vandlagringen.

At Forholdet mellem M- og P-Mørtlernes Styrke ikke ændres under de 42 Døgn Vandlagring viser, at Hærdningsforløbet under de valgte Forsøgsbetingelser er ens for M- og P-Mørtler. Dette tyder paa, at Molerets Tilstedeværelse ikke indvirker væsentligt paa Portlandcementens kemiske Hærdningsprocesser i de første Maaneder.

V-Mørtlernes Bøjningsstyrkes Forhold til Trykstyrken er mindre end P-Mørtlernes.

Underlegenheden er gennemsnitlig

Den er mindst: $\left\{ \begin{array}{l} \text{for tørstøbte Stænger} \\ \text{ved Lagring 7F} \\ \text{for Mørtler 1:2} \end{array} \right.$

M-Mørtlernes Bøjningsstyrkes Forhold til Trykstyrken er en Ubetydelighed mindre end P-Mørtlernes.

Underlegenheden er gennemsnitlig

Den er mindst: $\left\{ \begin{array}{l} \text{for tørstøbte Stænger} \\ \text{ved Lagring 7F} \\ \text{for Mørtler 1:2} \end{array} \right.$

Efter primær Lagring + 28L +	
1V	43V
19 0/0	15 0/0
10 »	8 »
18 »	13 »
14 »	12 »
4 0/0	1 0/0
-3 »	-4 »
-1 »	-2 »
1 »	

V- og M-Mørtlernes Underlegenhed i Henseende til Forholdet mellem Bøjnings- og Trykstyrke aftager under Vandlagringen, M-Mørtlernes kun ubetydeligt.

Rumvægten aftager i Ordenen Velo-, Portland-, Molerementmørtel. Den er større for Mørtel 1:2 end for Mørtel 1:3, kun Molerementen forholder sig omvendt (se Side 114).

Tilsvarende Stængers Forhold efter 77 Døgn Vandlagring omtales Side 145.

c. Forsøgsresultater for mælkesyrelagrede Stænger.

α. BRUDFLADERNES UDSEENDE.

Umiddelbart efter Stængernes Knækning undersøgte Brudfladernes Udseende paa den Side 115 nævnte Maade. Samtlige Brudflader havde en knapt 1 mm bred Randzone, i hvilken Mørtlen var lysegul (hos Molerementen rødlig) og meget lidt sammenhængende. Hos de tørstøbte Mørtler var Zonen lidt smallere end hos de vaadstøbte; derimod var Bredden uafhængig af Cementens Art, Sand-Cement-Forholdet og den primære Lagring.

β. STYRKETALLENE.

De fundne Styrketal og de af disse dragne Slutninger findes i og under efterfølgende Tabeller.

	P-Mørtel	V-Mørtel	M-Mørtel
	Tabel	Tabel	Tabel
Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 1V (Styrke A)	P 1	V 1	M 1
» » : » » + » + 43V (Styrke B)	P 2	V 2	M 2
» » : » » + » + 1V + 42S (Styrke C)	P 9	V 9	M 9
Forholdet $\frac{\text{Styrke C}}{\text{Styrke B}}$	P 10	V 10	M 10
» $\frac{\text{Styrke C}}{\text{Styrke A}}$	P 11	V 11	M 11
» $\frac{\text{V- og M-Mørtels Styrke}}{\text{P-Mørtels Styrke}}$ efter Lagr. 42S	P-V-M 12		

En Oversigt over Resultaterne findes Side 136.

Absolutte Styrker.

Tabel P 9

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 42S

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	76,1	500	64,9	407
	7F	74,9	482	64,4	403
1 : 3	1F + 6V	59,8	362	47,3	245
	7F	58,8	367	47,8	267
Middeltal		67,4	428	56,1	331

(1) De tørstøbte Mørtler er i alle Tilfælde stærkere end de vaadstøbte.

TABEL P 10—11
Mælkesyrelagring
Portland

Forholdet **Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 1V + 42 S** . 100.
Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 43V

Tabel P 10 Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers Styrke (Tabel P 2)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	88	79	90	79	84
	7F	93	83	84	71	83
1 : 3	1F + 6V	84	66	79	70	75
	7F	83	69	81	70	76
Middeltal		87	74	84	72	79

Syrelagrede Stænger er i alle Tilfælde svagere end tilsvarende vandlagrede.
Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 79 % af Styrken efter Vandlagringen.
For tørstøbte alene er Tallet 80 % For vaadstøbte alene er Tallet 78 %
» Bøjningsstyrken » » 85 » » Trykstyrken » » » 73 »
» Lagring 1F+6V » » » 79 » » Lagring 7F » » » 79 »
» Mørtler 1 : 2 » » » 83 » » Mørtler 1 : 3 » » » 75 »

Forholdet **Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 1V + 42 S** . 100.
Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 1V

Tabel P 11 Styrke efter Syrelagring i % af Styrke før Syrelagring (Tabel P 1)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	115	103	116	115	112
	7F	108	97	116	111	108
1 : 3	1F + 6V	98	87	123	110	104
	7F	94	90	98	94	94
Middeltal		104	94	113	108	105

Mørtlerne er i 9 Tilfælde stærkere ved Syrelagringens Ophør end ved dens Begyndelse.
Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 105 % af Styrken før Syrelagringen.
For tørstøbte alene er Tallet 99 % For vaadstøbte alene er Tallet 111 %
» Bøjningsstyrken » » » 109 » » Trykstyrken » » » 101 »
» Lagring 1F+6V » » » 108 » » Lagring 7F » » » 101 »
» Mørtler 1 : 2 » » » 110 » » Mørtler 1 : 3 » » » 99 »

At Mørtlerne i nogle Tilfælde er stærkere ved Syrelagringens Ophør end ved dens Begyndelse betyder ikke, at disse Stænger er uangrebne af Syren, thi af Tabel P 10 findes de at være gennemsnitlig 18,5 % svagere end tilsvarende vandlagrede Stænger.

TABEL V 9
Mælkesyrelagring
Velo

Absolutte Styrker.

Tabel V 9

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 42S

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	90,0	600	81,4	594
	7F	85,9	573	82,9	591
1 : 3	1F + 6V	76,7	484	57,9	406
	7F	73,8	460	62,1	418
Middeltal		81,6	529	71,1	502

- (1) De tørstøbte Mørtler er i alle Tilfælde undtagen eet stærkere end de vaadstøbte.
(2) Lagringsmaaden 1F + 6V giver størst Styrke ved Tørstøbning, 7F ved Vaadstøbning.

Forholdet **Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 1 V + 42 S** . 100.
Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 43 V

Tabel V 10 Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers Styrke (Tabel V 2)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	92	74	82	70	79
	7F	88	76	84	70	80
1 : 3	1F + 6V	85	66	76	63	72
	7F	85	64	81	65	74
Middeltal		88	70	81	67	76

Syrelagrede Mørtler er i alle Tilfælde svagere end tilsvarende vandlagrede. Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 76 % af Styrken efter Vandlagringen.

For tørstøbte alene er Tallet 79 % For vaadstøbte alene er Tallet 74 %
 » Bøjningsstyrken » » » 85 » » Trykstyrken » » » 69 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 76 » » Lagring 7F » » » 77 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » 80 » » Mørtler 1 : 3 » » » 73 »

Forholdet **Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 1 V + 42 S** . 100.
Styrke efter: Primær Lagring + 28 L + 1 V

Tabel V 11 Styrke efter Syrelagring i % af Styrken for Syrelagring (Tabel V 1)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	86	80	102	83	88
	7F	97	82	103	88	92
1 : 3	1F + 6V	94	74	90	74	83
	7F	93	74	103	75	86
Middeltal		92	78	99	80	87

Mørtlerne er i alle Tilfælde undtagen tre svagere ved Syrelagringens Ophør end ved dens Begyndelse.

Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 87 % af Styrken for Syrelagringen.

For tørstøbte alene er Tallet 85 % For vaadstøbte alene er Tallet 89 %
 » Bøjningsstyrken » » » 95 » » Trykstyrken » » » 79 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 85 » » Lagring 7F » » » 89 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » 90 » » Mørtler 1 : 3 » » » 84 »

Mørtlerne 1 : 2 bevarer deres Trykstyrke i højere Grad end Mørtlerne 1 : 3.

At de vaadstøbte Mørtlers Bøjningsstyrke i tre Tilfælde er større ved Syrelagringens Ophør end ved dens Begyndelse betyder ikke, at disse Stænger er uangrebne af Syren, thi af Tabel V 10 findes de at være gennemsnitlig 17,5 % svagere end tilsvarende vandlagrede Stænger.

Absolutte Styrker.

Tabel M 9 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28 L + 1 V + 42 S

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	83,8	511	64,4	362
	7F	78,0	471	57,6	315
1 : 3	1F + 6V	64,4	385	42,5	260
	7F	66,2	362	47,7	245
Middeltal		73,1	432	53,1	296

(1) De tørstøbte Mørtler er i alle Tilfælde stærkere end de vaadstøbte.

Forholdet $\frac{\text{Styrke efter: Primær Lagring} + 28L + 1V + 42S}{\text{Styrke efter: Primær Lagring} + 28L + 43V} \cdot 100.$

Tabel M 10 Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers Styrke (Tabel M 2)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	99	83	102	73	89
	7F	94	81	92	68	84
1 : 3	1F + 6V	89	73	81	73	79
	7F	90	70	87	69	79
Middeltal		93	77	90	71	83

Syrelagringen for Mørtel 1 : 2 med primær Lagring 1F + 6V har ikke haft skadelig Indflydelse paa Bøjningsstyrken, kun paa Trykstyrken, hvilket — som af Laboratoriet tidligere paavist (se Ing. 1929, Side 545) — kan forklares ved overfladiske Svindrevner i disse Stænger ved Syrelagringens Begyndelse. At dette Forhold kun i ringere Grad gør sig gældende hos P- Mørtlerne og slet ikke hos V- Mørtlerne forklares ved, at Trækstyrken, paa det Tidspunkt da Svindet indtræder, er mindst hos M- Mørtlerne og størst hos V- Mørtlerne. Bortset fra nævnte Mørtel er syrelagrede Stænger i alle Tilfælde svagere end tilsvarende vandlagrede.

Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 83 % af Styrken efter Vandlagring.

For tørstøbte alene er Tallet 85 % For vaadstøbte alene er Tallet 81 %

» Bøjningsstyrken » » » 92 » » Trykstyrken » » » 74 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 84 » » Lagring 7F » » » 82 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » 87 » » Mørtler 1 : 3 » » » 79 »

Forholdet $\frac{\text{Styrke efter: Primær Lagring} + 28L + 1V + 42S}{\text{Styrke efter: Primær Lagring} + 28L + 1V} \cdot 100.$

Tabel M 11 Styrke efter Syrelagring i % af Styrken for Syrelagring (Tabel M 1)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	129	112	143	102	122
	7F	119	107	113	105	111
1 : 3	1F + 6V	103	92	124	99	104
	7F	108	91	124	105	107
Middeltal		115	100	126	103	111

Mørtlerne er i alle Tilfælde undtagen to stærkere ved Syrelagringens Ophør end ved dens Begyndelse.

Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 111 % af Styrken for Syrelagringen.

For tørstøbte alene er Tallet 108 % For vaadstøbte alene er Tallet 114 %

» Bøjningsstyrken » » » 120 » » Trykstyrken » » » 102 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 113 » » Lagring 7F » » » 109 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » 117 » » Mørtler 1 : 3 » » » 105 »

Kun Mørtlerne 1 : 2 lagrede 1F + 6V er upaavirkede af Syren (se Tabel M 10); at Flertallet af Mørtlerne er stærkere ved Syrelagringens Ophør end ved dens Begyndelse betyder ikke, at disse Stænger er uangrebne af Syren, thi af Tabel M 10 findes de at være gennemsnitlig 17,5 % svagere end tilsvarende vandlagrede Stænger.

Forholdet $\frac{\text{V- og M-Mørtlers Styrke}}{\text{P-Mørtlers Styrke}} \cdot 100.$

Tabel P-V-M 1 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 42S

P _c : P _s	Primær Lagring	Cement	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
			Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk	
1 : 2	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	118	120	125	146	127
		Moler	110	102	99	89	100
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	115	119	129	147	128
		Moler	104	98	89	78	92
1 : 3	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	128	134	122	166	138
		Moler	108	106	90	106	103
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	126	125	130	157	135
		Moler	113	99	100	92	101
Middeltal		Portland	100	100	100	100	100
		Velo	122	125	127	154	132
		Moler	109	101	94	91	99

Velo-Mørtel.

Efter primær Ligning + 28L + 1V + 42S er Velo-Mørtel gennemsnitlig 32 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte Mørtler alene er Tallet 24 % For vaadstøbte alene er Tallet 40 %

» Bøjningsstyrken » » » 25 » » Trykstyrken » » » 39 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 33 » » Lagring 7F » » » 31 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » 28 » » Mørtler 1 : 3 » » » 36 »

Moler-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 1V + 42S er Moler-Mørtel gennemsnitlig — 1 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte Mørtler alene er Tallet 5 % For vaadstøbte alene er Tallet — 7 %

» Bøjningsstyrken » » » 2 » » Trykstyrken » » » — 4 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 2 » » Lagring 7F » » » — 4 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » — 4 » » Mørtler 1 : 3 » » » 2 »

7. OVERSIGT OVER RESULTATERNE AF FORSØG MED
MÆLKESYRELAGREDE STÆNGER.

(1) FOR P-, V- OG M-MØRTLER UNDER EET GÆLDER (se Tabellerne P10, V10, M10 og P11, V11, M11):

Mørtlerne er svagere efter Syrelagring end efter tilsvarende Vandlagring.

Bedømmes Syrefastheden ved Forholdet mellem Stængernes Styrke efter Syrelagring og efter tilsvarende Vandlagring, findes følgende:

	P-Mørtel	V-Mørtel	M-Mørtel
Syrefastheden er gennemsnitlig	0,79	0,76	0,83
Den er størst: {			
for tørstøbte Stænger	0,80	0,79	0,85
» Bøjningsstyrken	0,85	0,85	0,92
» Mørtler 1:2	0,83	0,80	0,87

Mørtlerne er ikke i alle Tilfælde svagere ved Syrelagringens Ophør end ved dens Begyndelse.

Bedømmes Syrefastheden ved Forholdet mellem Stængernes Styrke ved Syrelagringens Ophør og umiddelbart før dens Begyndelse, findes følgende:

	P-Mørtel	V-Mørtel	M-Mørtel
Syrefastheden er gennemsnitlig	1,05	0,87	1,11
Den er størst: {			
for vaadstøbte Stænger	1,11	0,89	1,14
» Bøjningsstyrken	1,09	0,95	1,20
» Mørtler 1:2	1,10	0,90	1,17

At Syrefasthedstallene er størst ved den sidstnævnte Bedømmelsesmaade, samt at V-Mørtlernes Syrefasthedstal ved denne ligger noget lavere i Forhold til P- og M-Mørtlernes end ved den førstnævnte Bedømmelsesmaade, kan for en væsentlig Del forklares ved, at Mørtlerne under Lagringen fra 36' til 78' Døgn udfolder en Hærdningsenergi, og at denne er størst for M- og P-Mørtlerne og mindst (kun ca. halvt saa stor) for V-Mørtlerne (se Tabel P4, V4, M4).

Brudfladernes Udseende omtales Side 128.

(2) FOR V- OG M-MØRTLERNES FORHOLD TIL P-MØRTLERNES GÆLDER (se Tabel P-V-M 12):

V-Mørtlerne er efter Syrelagringen en Del stærkere end P-Mørtlerne.

Overlegenheden er gennemsnitlig	32 %
Den er størst: {	
for vaadstøbte Stænger	40 »
ved Lagring 1F + 6V	33 »
for Trykstyrken	39 »
» Mørtlerne 1:3	36 »

M-Mørtlerne er efter Syrelagringen i flere Tilfælde lidt stærkere end P-Mørtlerne.

Overlegenheden er gennemsnitlig	— 1 %
Den er størst: {	
for tørstøbte Stænger	5 »
ved Lagring 1F + 6V	2 »
for Bøjningsstyrken	2 »
» Mørtlerne 1:3	2 »

Ved begge de i Stykke 1 (Side 111) nævnte Bedømmelsesmaader ses Syrefastheden at aftage i Ordenen M-Mørtel, P-Mørtel, V-Mørtel.

3. Kulsyreforsøg.

a. Forsøgenes Udførelse.

Forsøgene blev udført ganske som de Side 112 omtalte Mælkesyre-Forsøg med følgende Undtagelser:

Lagringsmaaden i de første 7 Døgn var een af følgende to:

1 Døgn i fugtig Luft + 6 Døgn i Vand	1F + 6V
7 Døgn » » »	7F
Derefter henlaa samtlige 144 Stænger paa Tremmehylder i Laboratorieluft i 28 Døgn og derpaa	28L
1 Døgn i Vand hvorefter de lagredes	1V
76 Døgn i Vand eller i Syre	76V ell. 76S.

Vandlagringen foregik i Glaskasser, Syrelagringen foregik paa Syrehjul som beskrevet Side 105.

Syren var Kulsyrevand fremstillet ved at lede luftformig Kulsyre fra en Staalflaske gennem Vandværksvand i et Apparat som det under Rørforsøgene omtalte (se Fig. 8, Side 23). Vandet ledtes fra Apparatet direkte til Syrehjulene, saaledes at der under hele Forsøget strømmede $7\frac{1}{2}$ Liter kulsyreholdigt Vand gennem hvert pr. Time. Det udstømmende, brugte Vands Brintjoneksponent maalt med visse Mellemrum. Bestemmelsen udførtes kolorimetrisk med en Universalindikator, og pH-Værdien fandtes altid at ligge mellem 5,7 og 6,0.

Styrkeprøvningen fandt Sted, da Stængerne var 112 Døgn gamle og udførtes ganske som ved Mælkesyre-Forsøgene. Paa andre Tidspunkter bestemtes Styrken ikke.

De i Tabellerne indførte Bøjningsstyrker er Middeltal af 3 Værdier, Trykstyrkerne af 6 Værdier.

b. Forsøgsresultater for vandlagrede Stænger.

a. BRUDFLADERNES UDSEENDE.

Umiddelbart efter Stængernes Knækning undersøgtes Brudfladernes Udseende. Iagttagelserne angaaende Mørtlernes Poreform stemmer med de ved Mælkesyre-Forsøgene gjorte Iagttagelser (se Side 115).

Brudfladernes Fugtighedsgrad undersøgtes ogsaa. De tørstøbte Stænger syntes kun vaade i de yderste ca. 5 mm; Kærnen var dog ikke hvidtør. De vaadstøbte Stænger syntes gennemvaade; dog var Kærnen i V- og M-Stængerne mindre fugtig end Randzonen.

β. STYRKETALLENE.

De fundne Styrketal og de af disse dragne Slutninger findes i og under efterfølgende Tabeller.

	P-Mørtel Tabel	V-Mørtel Tabel	M-Mørtel Tabel
Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 77V (Styrke B)	P 13	V 13	M 13
Forholdet $\frac{V\text{- og M-Mørtlers Styrke}}{P\text{-Mørtlers Styrke}}$ efter Lagr. 77V	P-V-M 14		
» $\frac{\text{Bøjningsstyrke}}{\text{Trykstyrke}}$ » » 77V	P-V-M 15		

En Oversigt over Resultaterne findes Side 145.

TABEL P 13
Vandlagring
Portland

Absolutte Styrker.

Tabel P 13 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 77V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	94,7	797	76,1	610
	7F	97,7	740	84,1	617
1 : 3	1F + 6V	78,1	647	59,8	411
	7F	82,9	605	61,6	407
Middeltal		88,4	697	70,4	511

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 33 % stærkere end de vaadstøbte.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 26 %. For Trykstyrken alene er Tallet 39 %.

» Mørtlerne 1 : 2 » » » 23 » » Mørtlerne 1 : 3 » » » 43 »

(2) Efter Lagring 1F + 6V er Mørtlerne gennemsnitlig 1 % svagere end efter Lagring 7F.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 5 %. For Trykstyrken alene er Tallet — 4 %.

» tørstøbte » » » — 1 » » vaadstøbte » » » 3 »

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 31 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 26 %. For Trykstyrken alene er Tallet 36 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 13,3 % af Trykstyrken.

For tørstøbte alene er Tallet 12,7 %. For vaadstøbte alene er Tallet 13,9 %.

TABEL V 13
Vandlagring
Velo

Absolutte Styrker.

Tabel V 13 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 77V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	113,9	962	101,0	987
	7F	112,3	975	101,8	930
1 : 3	1F + 6V	100,3	837	79,5	695
	7F	96,4	810	83,2	705
Middeltal		105,7	896	91,4	829

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 13 % stærkere end de vaadstøbte.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 16 %. For Trykstyrken alene er Tallet 10 %.

» Mørtlerne 1 : 2 » » » 7 » » Mørtlerne 1 : 3 » » » 19 %.

(2) Efter Lagring 1F + 6V er Mørtlerne gennemsnitlig 1 % stærkere end efter Lagring 7F.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 0 %. For Trykstyrken alene er Tallet 2 %.

» tørstøbte » » » 2 » » vaadstøbte » » » 0 »

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 24 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 20 %. For Trykstyrken alene er Tallet 27 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 11,4 % af Trykstyrken.

For tørstøbte alene er Tallet 11,8 %. For vaadstøbte alene er Tallet 11,1 %.

TABEL M 13
Vandlagring
Moler

Absolutte Styrker.

Tabel M 13

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 77V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	104,0	740	70,9	555
	7F	101,8	710	71,6	525
1 : 3	1F + 6V	83,2	620	57,9	404
	7F	86,8	590	60,4	386
Middeltal		94,0	665	65,2	468

(1) De tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 44 % stærkere end de vaadstøbte.
For Bøjningsstyrken alene er Tallet 44 %. For Trykstyrken alene er Tallet 44 %.
» Mørtlerne 1 : 2 » » » 39 » » Mørtlerne 1 : 3 » » » 49 »

(2) Efter Lagring 1F + 6V er Mørtlerne gennemsnitlig 2 % stærkere end efter Lagring 7F.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet — 2 %. For Trykstyrken alene er Tallet 5 %.
» tørstøbte » » » 2 » » vaadstøbte » » » 2 »

(3) Mørtlerne 1 : 2 er gennemsnitlig 24 % stærkere end Mørtlerne 1 : 3.
For Bøjningsstyrken alene er Tallet 20 %. For Trykstyrken alene er Tallet 28 %.

(4) Bøjningsstyrken er gennemsnitlig 14,1 % af Trykstyrken.
For tørstøbte alene er Tallet 14,1 %. For vaadstøbte alene er Tallet 14,1 %.

TABEL P-V-M 14
Vandlagring

Forholdet $\frac{V\text{- og }M\text{-Mørtlers Styrke}}{P\text{-Mørtlers Styrke}} \cdot 100.$

Tabel P-V-M 14

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 77V

P _c : P _s	Primær Lagring	Cement	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
			Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk	
1 : 2	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	120	121	131	162	134
		Moler	110	93	93	91	97
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	115	132	121	151	130
		Moler	104	96	85	85	92
1 : 3	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	128	129	133	169	140
		Moler	106	96	97	98	99
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	116	134	135	173	139
		Moler	105	98	98	95	99
Middeltal		Portland	100	100	100	100	100
		Velo	120	129	130	164	136
		Moler	106	96	93	92	97

Velo-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 77V er Velo-Mørtel gennemsnitlig 36 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 25 % For vaadstøbte alene er Tallet 47 %
» Bøjningsstyrken » » » 25 » » Trykstyrken » » » 47 »
» Lagring 1F + 6V » » » 37 » » Lagring 7F » » » 35 »
» Mørtler 1 : 2 » » » 32 » » Mørtler 1 : 3 » » » 40 »

Moler-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 77V er Moler-Mørtel gennemsnitlig —3 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 1 % For vaadstøbte alene er Tallet —7 %
» Bøjningsstyrken » » » 0 » » Trykstyrken » » » —6 »
» Lagring 1F + 6V » » » —2 » » Lagring 7F » » » —4 »
» Mørtler 1 : 2 » » » —5 » » Mørtler 1 : 3 » » » —1 »

TABEL P-V-M 15

Vandlagring

Bøjningsstyrken i % af Trykstyrken.

Tabel P-V-M 15

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 77V

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Cement	Tørstøbte Mørtler	Vaadstøbte Mørtler	Middeltal
1 : 2	1F + 6V	Portland	11,9 (100)	12,5 (100)	12,2 (100)
		Velo	11,8 (99)	10,2 (82)	11,0 (90)
		Moler	14,0 (118)	12,8 (102)	13,4 (110)
	7F	Portland	13,2 (100)	13,6 (100)	13,4 (100)
		Velo	11,5 (87)	10,9 (80)	11,2 (84)
		Moler	14,3 (108)	13,6 (100)	13,9 (104)
1 : 3	1F + 6V	Portland	12,1 (100)	14,6 (100)	13,4 (100)
		Velo	12,0 (99)	11,4 (78)	11,7 (88)
		Moler	13,4 (111)	14,3 (98)	13,9 (104)
	7F	Portland	13,7 (100)	15,1 (100)	14,4 (100)
		Velo	11,9 (87)	11,8 (78)	11,9 (83)
		Moler	14,7 (107)	15,6 (103)	15,2 (105)
Middeltal	Portland	12,7 (100)	13,9 (100)	13,3 (100)	
	Velo	11,8 (93)	11,1 (80)	11,4 (86)	
	Moler	14,1 (111)	14,1 (101)	14,1 (106)	

Velo-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28 L + 77 V er Bøjningsstyrken — angivet i % af Trykstyrken — gennemsnitlig 14 % mindre for V-Mørtel end for P-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 7 % For vaadstøbte alene er Tallet 20 %

» Lagring 1F + 6V » » » 11 » » Lagring 7F » » » 17 »
 » Mørtel 1 : 2 » » » 13 » » Mørtel 1 : 3 » » » 15 »

Moler-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 77V er Bøjningsstyrken — angivet i % af Trykstyrken — gennemsnitlig 6 % større for M-Mørtel end for P-Mørtel.

For tørstøbte alene er Tallet 11 % For vaadstøbte alene er Tallet 1 %

» Lagring 1F + 6V » » » 7 » » Lagring 7F » » » 5 »
 » Mørtel 1 : 2 » » » 7 » » Mørtel 1 : 3 » » » 5 »

7. OVERSIGT OVER RESULTATERNE AF FORSØG MED VANDLAGREDE STÆNGER.

Styrkeprøvningen fandt Sted efter 77 Døgn Vandlagring. En Oversigt over Resultaterne af Styrkeprøvning efter 1 og 43 Døgn Vandlagring med tilsvarende Stænger støbt paa et andet Tidspunkt findes Side 126.

(1) FOR P-, V- OG M-MØRTLER UNDER EET GÆLDER (se Tabellerne P 13, V 13, M 13):

De tørstøbte Mørtler er stærkere end de vaadstøbte (som Side 126).

Den primære Lagrings Indflydelse paa Styrken er ringe (som Side 126).

Mørtlerne 1 : 2 er stærkere end Mørtlerne 1 : 3. Overlegenheden er størst i Henseende til Trykstyrke (som Side 126).

Bøjningsstyrkens Forhold til Trykstyrken aftager under Vandlagringen (som Side 126).

Brudfladernes Udseende omtales Side 139.

(2) FOR V- OG M-MØRTLERNES FORHOLD TIL P-MØRTLERNES GÆLDER (se Tabel P-V-M 14):

V-Mørtlerne er væsentlig stærkere end P-Mørtlerne (som Side 126), gennemsnitlig 36 % (Alder: 112 Døgn).

M-Mørtlerne er lidt svagere end P-Mørtlerne (som Side 126), gennemsnitlig 3 %.

Indføres Tabel P-V-M 14's Tal i et Skema som det ved Mælkesyre-Forsøgene anvendte (Side 126), viser en Sammenligning, at Styrkeforholdet mellem V- og P-Mørtler ikke er ændret under de sidste 34 Døgn Vandlagring, og den bekræfter, at Hærdningsforløbet under de valgte Forsøgsbetingelser er ens for M- og P-Mørtler, bortset fra at Bøjningsstyrken er vokset noget hurtigere hos M-Mørtlerne end hos P-Mørtlerne, og Trykstyrken lidt langsommere.

V-Mørtlernes Bøjningsstyrkes Forhold til Trykstyrken er mindre end P-Mørtlernes (som Side 127), gennemsnitlig 14 % mindre.

M-Mørtlernes Bøjningsstyrkes Forhold til Trykstyrken er større end P-Mørtlernes (ej som Side 127), gennemsnitlig 6 % større.

En Sammenligning med Resultaterne fra Mælkesyre-Forsøgene viser, at V-Mørtlernes Underlegenhed i Henseende til Forholdet mellem Bøjnings- og Trykstyrke ikke er ændret væsentlig under den langvarigere Vandlagring, og at M-Mørtlernes Underlegenhed er ændret til Overlegenhed.

c. Forsøgsresultater for kulsyrelagrede Stænger.

α. BRUDFLADERNES UDSEENDE.

Umiddelbart efter Stængernes Knækning undersøgtes Brudfladernes Udseende paa den Side 115 nævnte Maade. Syren syntes kun at have gjort Mørtlerne vaade i de yderste ca. 3 mm (ens for tør- og vaadstøbte Mørtler); Kærnen var dog svagt fugtig. Den vaade Bræmme var farvet gulbrun indtil ca. 0,5 mm Dybde, og i den farvede Del var Mørtlens Sammenhæng forringet; den farvede Bræmmes Dybde og Svækkelse var hos M-Stængerne noget ringere og hos P-Stængerne 1 : 3 noget større end hos de øvrige Stænger.

β. STYRKETALLENE.

De fundne Styrketal og de af disse dragne Slutninger findes i og under efterfølgende Tabeller.

	P-Mørtel	V-Mørtel	M-Mørtel
	Tabel	Tabel	Tabel
Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 77V (Styrke B)	P 13	V 13	M 13
» » : » » + » + 1V + 76S (Styrke C)	P 16	V 16	M 16
Forholdet $\frac{\text{Styrke C}}{\text{Styrke B}}$	P 17	V 17	M 17
» $\frac{\text{V- og M-Mørtlens Styrke}}{\text{P-Mørtlens Styrke}}$ efter Lagr. 76S	P-V-M 18		

En Oversigt over Resultaterne findes Side 151.

TABEL P 16—17
Kulsyrelagring
Portland

Absolutte Styrker.

Tabel P 16 Lagringsmaade: Primær Lagring 28L + 1V + 76S

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	83,8	570	74,0	436
	7F	78,5	515	69,5	454
1 : 3	1F + 6V	68,6	450	50,8	269
	7F	65,2	442	56,8	279
Middeltal		74,0	494	62,8	360

(1) De tørstøbte Mørtler er i alle Tilfælde stærkere end de vaadstøbte.

(2) Lagringsmaade 1F + 6V giver størst Styrke ved Tørstøbning, 7F ved Vaadstøbning.

Forholdet $\frac{\text{Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 1V + 76S}}{\text{Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 77V}} = 100.$

Tabel P 17

Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlens Styrke (Tabel P 13).

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	89	72	97	66	81
	7F	80	70	83	74	77
1 : 3	1F + 6V	88	70	85	66	77
	7F	79	73	93	69	79
Middeltal		84	71	90	69	79

Syrelagrede Mørtler er i alle Tilfælde svagere end vandlagrede.

Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 79 % af Styrken efter Vandlagringen.

For tørstøbte alene er Tallet 78 % For vaadstøbte alene er Tallet 80 %

» Bøjningsstyrken » » » 87 » » Trykstyrken » » » 70 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 79 » » Lagring 7F » » » 78 »
 » Mørtel 1 : 2 » » » 79 » » Mørtel 1 : 3 » » » 78 »

TABEL V 16—17
Kulsyrelagring
Velo

Absolutte Styrker.

Tabel V 16 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 76S

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	97,0	735	91,3	825
	7F	90,9	692	91,1	777
1 : 3	1F + 6V	80,6	632	69,1	580
	7F	77,8	547	69,1	557
Middeltal		86,6	652	80,2	685

(1) De tørstøbte Mørtlers Bøjningsstyrke er større end de vaadstøbtes, medens deres Trykstyrke i alle Tilfælde undtagen eet er mindre end de vaadstøbtes.

(2) Lagringsmaaden 1F + 6V giver størst Styrke.

Forholdet $\frac{\text{Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 1V + 76S}}{\text{Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 77V}} \cdot 100$.

Tabel V 17

Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers Styrke (Tabel V 13).

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	85	77	90	84	84
	7F	81	71	90	84	82
1 : 3	1F + 6V	80	76	87	84	82
	7F	81	68	83	79	79
Middeltal		82	73	88	82	81

Syrelagrede Mørtler er i alle Tilfælde svagere end tilsvarende vandlagrede. Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 81 % af Styrken efter Vandlagringen. For tørstøbte alene er Tallet 77 % For vaadstøbte alene er Tallet 85 %

» Bøjningsstyrken » » » 85 » » Trykstyrken » » » 77 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 83 » » Lagring 7F » » » 80 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » 83 » » Mørtler 1 : 3 » » » 80 »

Tabel M 16—17
Kulsyrelagring
Moler

Absolutte Styrker.

Tabel M 16 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 76S

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	87,7	582	71,6	455
	7F	82,1	532	67,3	409
1 : 3	1F + 6V	75,5	437	47,6	332
	7F	73,5	421	57,0	329
Middeltal		79,7	493	60,9	381

(1) De tørstøbte Mørtler er i alle Tilfælde stærkere end de vaadstøbte.

(2) Lagringsmaaden 1F + 6V giver i alle Tilfælde undtagen eet den største Styrke.

Forholdet $\frac{\text{Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 1V + 76S}}{\text{Styrke efter: Primær Lagring + 28L + 77V}} \cdot 100$.

Tabel M 17

Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers Styrke (Tabel M 13).

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal %
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	84	79	101	82	87
	7F	81	75	94	78	82
1 : 3	1F + 6V	91	71	82	82	82
	7F	85	71	94	85	84
Middeltal		85	74	93	82	84

Syrelagringen har ikke haft nogen skadelig Indflydelse paa Bøjningsstyrken af vaadstøbt Mørtel 1 : 2 med primær Lagring 1F + 6V (se Tabel M 10).

Bortset fra nævnte Mørtel er syrelagrede Stænger i alle Tilfælde svagere end tilsvarende vandlagrede.

Efter Syrelagringen er Styrken gennemsnitlig 84 % af Styrken efter Vandlagringen. For tørstøbte alene er Tallet 80 % For vaadstøbte alene er Tallet 88 %

» Bøjningsstyrken » » » 89 » » Trykstyrken » » » 78 »
 » Lagring 1F + 6V » » » 85 » » Lagring 7F » » » 83 »
 » Mørtler 1 : 2 » » » 85 » » Mørtler 1 : 3 » » » 83 »

TABEL P-V-M 18

Kulsyrelagring

Forholdet $\frac{\text{V- og M-Mørtlers Styrke}}{\text{P-Mørtlers Styrke}} \cdot 100.$

Tabel P-V-M 18

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 76S

P _c : P _s	Primær Lagring	Cement	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtlar		Middeltal
			Bøjning	Tryk	Bøjning	Tryk	
1 : 2	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	116	129	123	189	139
		Moler	105	102	97	104	102
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	116	134	131	171	138
		Moler	105	103	97	90	99
1 : 3	1F + 6V	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	118	140	136	216	153
		Moler	110	97	93	127	107
	7F	Portland	100	100	100	100	100
		Velo	119	124	122	200	141
		Moler	113	95	100	118	107
Middeltal	Portland	100	100	100	100	100	
	Velo	117	132	128	194	143	
	Moler	108	99	97	110	104	

Velo-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 1V + 76S er Velo-Mørtel gennemsnitlig 43 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte	alene er Tallet 24 %	For vaadstøbte	alene er Tallet 61 %
» Bøjningsstyrken »	» » » 23 »	» Trykstyrken »	» » » 63 »
» Lagring 1F + 6V »	» » » 46 »	» Lagring 7F »	» » » 40 »
» Mørtler 1 : 2 »	» » » 39 »	» Mørtler 1 : 3 »	» » » 47 »

Moler-Mørtel.

Efter primær Lagring + 28L + 1V + 76S er Moler-Mørtel gennemsnitlig 4 % stærkere end Portland-Mørtel.

For tørstøbte	alene er Tallet 4 %	For vaadstøbte	alene er Tallet 4 %
» Bøjningsstyrken »	» » » 3 »	» Trykstyrken »	» » » 5 »
» Lagring 1F + 6V »	» » » 5 »	» Lagring 7F »	» » » 3 »
» Mørtler 1 : 2 »	» » » 1 »	» Mørtler 1 : 3 »	» » » 7 »

γ. OVERSIGT OVER RESULTATERNE AF FORSØG MED KULSYRELAGREDE STÆNGER.

(1) FOR P-, V- OG M-MØRTLER UNDER EET GÆLDER (se Tabellerne P 17, V 17, M 17):

Mørtlerne er svagere efter Syrelagring end efter tilsvarende Vandlagring (som ved Mælkesyre-Forsøgene).

En Sammenligning mellem Mørtlernes Styrke efter Mælkesyrelagring og efter Kulsyrelagring viser, at Mælkesyren trods den kortere Lagringstid har virket mere tærende end Kulsyren.

Brudfladernes Udseende omtales Side 146.

(2) FOR V- OG M-MØRTLERNES FORHOLD TIL P-MØRTLERNES GÆLDER (se Tabel P-V-M 18):

Forholdet mellem Stængernes Styrke efter Syrelagring og efter tilsvarende Vandlagring fandtes aftagende i Ordenen **M-Mørtel, V-Mørtel, P-Mørtel**. Forholdet var henholdsvis 0,84, 0,81, 0,79, altsaa ikke meget afvigende fra de ved Mælkesyre-Forsøgene fundne, undtagen for V-Mørtlen, der ved Mælkesyre-Forsøgene var lidt daarligere end P-Mørtlen og her er lidt bedre end P-Mørtlen.

V-Mørtlerne er efter Syrelagringen en Del stærkere end P-Mørtlerne, gennemsnitlig 43 % (ved Mælkesyre-Forsøgene 32 %).

M-Mørtlerne er efter Syrelagringen i de fleste Tilfælde lidt stærkere end P-Mørtlerne, gennemsnitlig 4 % (ved Mælkesyre-Forsøgene — 1 %).

En Sammenligning med Mælkesyre-Forsøgene viser, at det navnlig er V-Mørtlerne (i særlig Grad de vaadstøbte), der angribes stærkere af Mælkesyre end af Kulsyre; derefter følger M-Mørtlerne.

4. Sammenfattende Oversigt over P-, V- og M-Mørtlers Syrefasthed.

Tages der Hensyn ikke blot til de ved begge Forsøgsrækker fundne Syrefasthedstal (Side 136 og Side 151), der i Gennemsnit stiller P-Mørtlen mellem de to andre, og til Virkningen af, at Mørtlernes Hærdningsenergi er uens (Side 136), men ogsaa til Mørtlernes Pris, maa P-Mørtlen betegnes som den fordelagtigste for Rør, der skal modstaa syreholdigt Vand.

V-Mørtlernes absolutte Styrkeoverlegenhed ledsages ikke af en tilsvarende Overlegenhed i Syrefasthed og er derfor kun af forbigaaende Betydning.

Og selv om M-Mørtlerne, der ved Syrelagringens Begyndelse var lidt svagere end P-Mørtlerne, ved Syrelagringens Ophør, viste sig jævnbyrdig med eller lidt stærkere end disse og altsaa bedre har modstaaet Syrens Angreb, saa er Overlegenheden dog uvæsentlig i Forhold til Prisforskellen mellem M- og P-Cement.

Det maa ved Bedømmelsen af Forsøgsresultaterne ogsaa erindres, at V- og M-Cementernes Rumvægt er væsentligt ringere end P-Cementens, saaledes at de har haft en begunstiget Stilling under Forsøget, eftersom det er Blandingsforholdet efter Vægt, der er holdt ens.

Se iøvrigt Oversigterne over Resultaterne af Vandlagring (Side 126 og 145), Mælkesyrelagring (Side 136) og Kulsyrelagring (Side 151).

E. SYREFASTHEDSFORSØG MED IMPRÆGERET PORTLANDCEMENTMØRTEL.

1. Portlandcementmørtel imprægneret med Tjære eller Asfalt.

a. Indledning.

Ved de Side 57 omtalte Vandtæthedforsøg fandtes Portlandcementrør, der var imprægneret med Tjære eller Asfalt, mange Gange tættere end tilsvarende uimprægnerede Rør, og man besluttede derfor ogsaa at undersøge, hvorledes Imprægneringen indvirker paa Portlandcementmørtelstængers Styrke og Syrefasthed.

Der udførtes ialt 3 Forsøgsrækker, over hvis Resultater der er givet en samlet Oversigt paa Side 180:

(1) Tørstøbte Stænger 1:3 imprægnerede ved Dypning i Tjærerne A og C. Syren var $\frac{3}{10}$ normal Mælkesyre. En Oversigt over Resultaterne findes Side 162.

(2) Tørstøbte Stænger 1:4 trykimprægnerede med Asfalt. Syren var $\frac{1}{10}$ normal Saltsyre. En Oversigt over Resultaterne findes Side 169.

(3) Vaadstøbte Stænger 1:3 imprægnerede ved Dypning i Tjærerne A, B, C, D eller trykimprægnerede med Asfalt. Syren var $\frac{1}{10}$ normal Mælkesyre. En Oversigt over Resultaterne findes Side 179.

Ved Imprægneringen, der i alle Tilfælde var forbundet med en Opvarmning, og hvis Udførelse nærmere beskrives i de følgende Afsnit, blev Stangoverfladerne forsynet med et mere eller mindre tæt Overfladelag og Stængernes Indre mere eller mindre gennemtrængt af Imprægneringsmidlet, og herved paavirkedes Stængernes Styrke saaledes, at den afveg mere eller mindre væsentligt fra tilsvarende uimprægnerede Stænger.

Ved en af Forsøgsrækkerne Side 154 gennemførtes en fuldstændig

Undersøgelse af Imprægneringens Indflydelse paa Stængernes Styrke, dog kun for to af Tjærernes Vedkommende, en letflydende og en tungt-flydende.

b. Tørstøbt Mørtel.

a. TJÆREIMPRÆGNEREDE STÆNGER AF MØRTEL 1:3.

(1) FORSØGENES UDFØRELSE.

Prøvelegemer: 2·2·12 cm Stænger.

Materialer: Portlandcement og Bakkesand som beskrevet Side 86.

Blandingsforhold: 1:3 efter Vægt.

Støbevarsmængde: 8,4% af Tørstoffernes Vægt, som i tørstøbt Mørtel 1:3 ved Forsøgsrækken Side 112.

Blanding: Som beskrevet Side 112.

Prøvelegemernes Fremstilling: Som beskrevet Side 112.

Tjæresorterne var de i Tabel 28 indførte.

TABEL 28.
Tjæresorter.

Mærke	Navn	Flydeevne	Indsender
A	Trinidad Imprægneringstjære	Letflydende	Anders Bach Vejle Cementstøberi
B	Mova Imprægneringsmasse	Do.	Martin Jensen Svendborg Tagpap- og Cementvarefabrik
C	Imprægneringsmasse	Tungtflydende	Samme
D	Imprægneringstjære	Do.	H. Hougaard Korinth Cementvarefabrik

Tjæren A angaves at være fremstillet af lige Dele let Stenkulstjæreolie (Destillationstemperatur < 125° C) og fast mexikansk Asfaltbeg. Denne var købt under Navnet »Renset mexikansk Asfalt« og fremstillet af raa Jordolie (Panucoolie) ved Fradestillering af flygtige Stoffer.

Tjærene B og C er beskrevet Side 73.

Tjæren D angaves at være fremstillet af 97% raa Stenkulstjære + 1% Harpiks + 1% groft Salt + 1% mineralsk Olie. Olien var købt

under Navnet »Alfa-Olie« og angaves at være udvundet af amerikansk Solarolie ved Destillationstemperaturen 210—370° C.

Imprægnering: Efter at Stængerne havde været lagret 1 Uge i fugtig Luft og 3 Uger i Laboratorieluft imprægneredes de med een af de i Tabel 28 indførte Tjærer.

Ved Imprægneringen blev alle fire Tjærer opvarmet til 50° C i et fælles Vandbad. Det opvarmedes af en elektrisk Dyppekoger, og dets Temperatur holdtes konstant af en elektrisk Termoregulator. Stængerne sænkedes i lodret Stilling ned i Tjæren og holdtes nedsænkede en Time. Derefter blev de hængt til Afdrypning i Laboratoriet.

Eet Døgn efter Imprægneringen undersøgtes Stængerne med det i efterfølgende Oversigt indførte Resultat. Overfladelagets Tykkelse og Tjærens Indtrængningsdybde, der først blev konstateret efter at Stængerne var knækkede, er ligeledes indført.

Tjærens Mærke	Overfladelagets		Tjærens Indtrængningsdybde
	Tykkelse	Tilstand	
A	Meget ringe, Stængernes Mærke kunde skimtes gennem Laget.	Ikke klæbende, mat.	Indtil ca. 1 mm Dybde er Mørtlen næsten sort, idet der er afsat et sort Tjærelag paa Porevæggene; indenfor denne Bræmme er Tjærens farvende Virkning aftagende med voksende Dybde, og Grænsen mellem farvet og ikke farvet Mørtel er uregelmæssig og uskarp. Den Dybde, i hvilken Tjæren kan spores, er højst 5 mm.
B	Lidt større end for Tjære A.	Som for Tjære A.	Indtil ca. 1½ mm Dybde er Mørtlen næsten sort. Iøvrigt som for Tjære A.
C	Noget større end for Tjære A, og størst i den Stængende, der var nederst ved Afdrypningen.	Blankt og blødt og, hvor Laget er tykkest, lidt klæbende (efter 5-6 Døgns Forløb opførte Laget at klæbe).	0—2 mm, hyppigst under ½ mm. Hvor Tjæren er trængt ind, er Mørtlen næsten sort, idet Porerne er fyldt med Tjære; indenfor denne Bræmme er Mørtlen ufarvet.
D	Som for Tjære C.	Klæbende, mat.	Ca. 2 mm, Grænsen uregelmæssig og uskarp.

En Del af de imprægnerede Stænger brugtes til en orienterende Forsøgsrække, som tjente til at fastslaa en hensigtsmæssig Syrestyrke og Syrelagrings-tid, og hvis Resultater ikke meddeles her. Da den viste, at de to letflydende Tjærer havde omtrent ens Virkning og de to tungtflydende ligesaa, gennemførtes Hovedforsøgene kun med A- og C-Stænger, og det efterfølgende gælder kun for disse Stænger.

Lagringsmaaden i de første 36 Døgn var ens for samtlige Stænger og betegnes i det følgende som Fælleslagring.

1'—7' Døgn i fugtig (vandmættet) Luft	7F
8'—35' » » Laboratorieluft, hvis Temperatur var 20—24° C, og hvis Fugtighedsgrad var 80—68 % (i det 28' Døgn foretoges Imprægneringen)	28L
36' » » rindende Vand	1V

Den efterfølgende Lagring foregik i enten Vand eller Syre og betegnes henholdsvis Vandlagring og Syrelagring.

Vandlagringen foregik i stillestaaende Vand.

Syrelagringen foregik paa Syrehjul (se Side 105). Syren skiftedes ugentlig.

Syre: $\frac{3}{10}$ normal Mælkesyre (teknisk). Dens Brintjoneksponent pH bestemtes kolorimetrisk saavel umiddelbart efter Tilberedningen som umiddelbart før hver Skiftning.

For den friske Syre fandtes pH = 2,4.

For den brugte Syre aftog pH fra Skiftning til Skiftning; der fandtes følgende pH-Værdier: 7,0 ved første Skiftning, 4,5 ved anden, 3,9 ved tredie, 3,4 ved fjerde og følgende Skiftninger.

Styrkeprøvning fandt Sted paa følgende Tidspunkter:

Paa Imprægneringsdagen (før Imprægneringen)	
1 Døgn efter Imprægneringsdagen	
1 Uge » »	(7F + 28L)
Efter Lagring	7F + 28L + 1V
» » » + » + »	+ 13S eller 13V
» » » + » + »	+ 27S » 27V
» » » + » + »	+ 48S.

Styrkeprøvningen foregik som beskrevet Side 89, dog blev de med Tjære C imprægnerede Stængers Trykflader inden Trykforsøget afskrabet for at fjerne Tjæren og derved undgaa Nedgang i Trykstyrke paa Grund af Overfladelagets smørende Virkning. Helt lod Overfladelaget sig dog ikke afskrabe.

De i Tabellerne indførte Bøjningsstyrker er Middeltal af mindst 3 og Trykstyrkerne af mindst 6 Værdier.

(2) STÆNGERNES TILSTAND VED PRØVNINGEN.

(a) Mørtlens Tæthed.

Mørtlen var ikke tæt, idet der mellem Sandskornene fandtes Hulrum af Form som uregelmæssigt begrænsede Kanaler, der var frem-

kommet ved Støbningen, fordi Mængden af Cement + Vand har været for ringe i Forhold til den Lejringsstæthed, Sandskornene har opnaaet ved den anvendte Komprimering.

(b) Brudfladernes Fugtighedsgrad.

Saavel hos de vandlagrede som hos de syrelagrede Stænger viste Brudfladernes Fugtighedsgrad, at Tjærerne havde hæmmet Vædskens Adgang til Stængernes Indre; i efterfølgende Oversigt er de ved Styrkeprøvningerne gjorte Iagttagelser angaaende Fugtighedsgraden gengivet i sammentrængt Form.

Efter Vandlagring i 28 Døgn var C-Stængernes Brudtværnsnit tørt, mens A-Stængernes Brudtværnsnit var fugtigt i den af Tjæren farvede Bræmme, ikke nævneværdigt i Kærnen, og de uimprægnerede Stænger var gennemfugtige og i de yderste 2—3 mm blankt vaade.

Efter Syrelagring i 27 Døgn havde C-Stængernes Brudtværnsnit enkelte svagt fugtige Pletter langs Tværnittets Rand, mens A-Stængernes Tilstand var som efter Vandlagring, og de uimprægnerede Stængers ligesaa, dog var den blankt vaade Bræmme 3—4 mm bred.

Efter Syrelagring i 48 Døgn viste C-Stængerne ingen yderligere Ændring, mens A-Stængerne var blankt vaade i den farvede Bræmme og mat fugtige i Kærnen; de uimprægnerede Stængers blankt vaade Bræmme var vokset til 5—6 mm.

(c) Tjærelagets Beskaffenhed.

Tjæren paa de vandlagrede Stænger syntes upaavirket af Vandet.

Tjæren paa de syrelagrede A-Stænger var lidt lysere end paa de vandlagrede, endvidere var den lidt klæbende. Tjæren paa de syrelagrede C-Stænger havde bevaret Farven; Tjæren blev lidt skørere under Lagringen, og hist og her, især langs Stængernes Kanter, fremkom der smaa flade Blærer i Tjærehinden. De fremkom i Tiden mellem 13' og 27' Døgns Syrelagring; de bristede let ved Berøring og viste sig ved Prøvningen efter 27 Døgns Syrelagring at indeholde en sur Vædske, efter 48 Døgns Syrelagring fandtes de tomme. De foran under (b) omtalte svagt fugtige Pletter langs C-Stængernes Rand fandtes under saadanne Blærer.

(d) Syreangrebets Dybde.

Om de uimprægnerede syrelagrede Stænger fandtes en straagul usammenhængende Mørtelkappe. Dens Afgrænsning indadtil var meget skarp, og dens Tykkelse voksede med Syrelagringstiden fra ca. 1 mm efter 13 Døgns Syrelagring til 3—4 mm efter 48 Døgns Syrelagring. Mørtlen

i denne Kappe reagerede tydeligt surt; Mørtlen i den øvrige Del af Tværsnittet reagerede tydeligt basisk og syntes upåvirket af Syren.

Om de med Tjære A imprægnerede Stænger fandtes ligeledes en Kappe, hvis Mørtel var angrebet af Syren. Farven var — formentlig paa Grund af den indtrængte Tjæres Tilstedeværelse — ikke ændret væsentligt, men Mørtlens Sammenhæng var nedsat. Kappens Tykkelse voksede med Syrelagringstiden fra ca. $\frac{1}{2}$ mm efter 13 Døgn Syrelagring til ca. 2 mm efter 48 Døgn Syrelagring. Mørtelkappen reagerede tydeligt surt; den øvrige Del af Tværsnittet reagerede tydeligt basisk og syntes upåvirket af Syren.

Om de med Tjære C imprægnerede Stænger fandtes ingen angrebet Mørtelkappe, kun enkelte Pletter, der var svagt gullige, og i hvilke Mørtlen syntes lidt mindre sammenhængende. Pletterne syntes at være fremkommet under de i Stykke (c) omtalte Blærer i Tjærelaget.

(3) STYRKETALLENE.

De fundne Styrketal og de af disse dragne Slutninger er indført i og under efterfølgende Tabeller. Styrkens Variationer under Lagringen er grafisk fremstillet i Fig. 32, Side 162.

Tabel T 0. Styrker før Vædske­lagring.

» T 1. Bøjningsstyrker efter Vædske­lagring.

» T 2. Trykstyrker efter Vædske­lagring.

» T 3. Forholdet $\frac{\text{Imprægnerede Stængers Bøjningsstyrke}}{\text{Uimprægnerede Stængers Bøjningsstyrke}}$

» T 4. Forholdet $\frac{\text{Imprægnerede Stængers Trykstyrke}}{\text{Uimprægnerede Stængers Trykstyrke}}$

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 162.

Styrker (at) før Vædske­lagring.

Tidspunkt	Lagring	Bøjningsstyrke			Trykstyrke		
		Imprægneringsmiddel			Imprægneringsmiddel		
		Intet	A-Tjære	C-Tjære	Intet	A-Tjære	C-Tjære
Umiddelbart før Imprægnering	7F + 21L	65,8	65,8	65,8	418	418	418
1 Døgn efter Imprægnering	7F + 22L		61,2	66,2		346	379
7 » » »	7F + 28L	68,7	69,3	68,8	407	374	372

Bøjningsstyrke. Den tungtflydende C-Tjære har ikke påvirket Bøjningsstyrken. Den letflydende A-Tjære har medført en midlertidig Opblødning. 7 Døgn efter Imprægneringen er samtlige Stænger lige stærke.

Trykstyrke. Begge Tjærer har nedsat Trykstyrken, fordi de virker smørende. A-Tjæren har desuden virket midlertidigt opblødende. 7 Døgn efter Imprægneringen er A- og C-Stængerne lige stærke, men svagere end de uimprægnerede.

Bøjningsstyrker (at) efter Vædske­lagring.

Tabel T 1 Lagringsmaade: 7F + 28L + Vædske­lagring

Vædske- lagringstid	Vandlagrede Stænger imprægnerede med			Syrelagrede Stænger imprægnerede med		
	Intet	Tjære A	Tjære C	Intet	Tjære A	Tjære C
0 Døgn	68,7	69,3	68,8			
1 »	53,1	69,3	66,8			
14 »	58,2	59,3	66,1	48,0	47,7	63,5
28 »	65,1	61,5	61,9	36,2	37,6	60,4
49 »				26,8	31,3	62,3

Vandlagring. De uimprægnerede Stænger svækkes stærkt ved at lægges i Vand, men genvinder efterhaanden Størstedelen af deres Styrke. Tjærestængerne svækkes ikke pludseligt og mindre stærkt. A-Stængerne har naaet deres Minimumsværdi efter 14 Døgn Vandlagring. C-Stængerne formentlig efter 28 Døgn.

Syrelagring. C-Stængerne bevarer deres Styrke under Syrelagringen; de øvrige Stænger svækkes. A-Stængerne er ikke væsentlig holdbarere end de uimprægnerede.

Trykstyrker (at) efter Vædske­lagring.

Tabel T 2 Lagringsmaade: 7F + 28L + Vædske­lagring

Vædske- lagringstid	Vandlagrede Stænger imprægnerede med			Syrelagrede Stænger imprægnerede med		
	Intet	Tjære A	Tjære C	Intet	Tjære A	Tjære C
0 Døgn	407	374	372			
1 »	355	354	362			
14 »	401	331	374	226	229	360
28 »	413	350	361	127	127	372
49 »				82	81	362

Vandlagring. De uimprægnerede Stænger svækkes noget ved at lægges i Vand, men genvinder efterhaanden deres Styrke. Tjærestængerens Styrke paavirkes kun i ringe Grad af Vandet.

Syrelagring. C-Stængerne bevarer deres Styrke under Syrelagringen; de øvrige Stænger svækkes. A-Stængerne svækkes i samme Grad som de uimprægnerede.

Forholdet $\frac{\text{Imprægnerede Stængers Bøjningsstyrke}}{\text{Uimprægnerede Stængers Bøjningsstyrke}}$

Tabel T 3 Lagringsmaade: 7F + 28L + Vædske­lagring

Vædske- lagringstid	Vandlagrede Stænger imprægnerede med			Syrelagrede Stænger imprægnerede med		
	Intet	Tjære A	Tjære C	Intet	Tjære A	Tjære C
0 Døgn	100	101	100			
1 »	100	131	126			
14 »	100	102	114	100	99	132
28 »	100	95	95	100	104	167
49 »				100	117	232

Vandlagring. Endnu efter 14 Døgn er Tjærestængerne lidt stærkere end de uimprægnerede, men da de kun i ringe Grad optager Vand og hærder videre, bliver de efterhaanden underlegne.

Syrelagring. Begge Tjærer forøger Syrefastheden, men kun Tjære C i væsentlig Grad.

Forholdet $\frac{\text{Imprægnerede Stængers Trykstyrke}}{\text{Uimprægnerede Stængers Trykstyrke}}$

Tabel T 4 Lagringsmaade: 7F + 28L + Vædske­lagring

Vædske- lagringstid	Vandlagrede Stænger imprægnerede med			Syrelagrede Stænger imprægnerede med		
	Intet	Tjære A	Tjære C	Intet	Tjære A	Tjære C
0 Døgn	100	92	91			
1 »	100	100	102			
14 »	100	83	93	100	101	159
28 »	100	85	87	100	100	293
49 »				100	99	442

Vandlagring. Tjærestængerne er svagere end de uimprægnerede paa Grund af Tjærens smørende Virkning.

Syrelagring. Tjære C forøger Syrefastheden meget stærkt, Tjære A forøger den ikke eller — hvis man forudsætter en smørende Virkning ogsaa efter Syrelagring — kun i ringe Grad.

(4) OVERSIGT OVER TØRSTØBTE TJÆRESTÆNGER 1 : 3.

Tjærernes Art og Indtrængningsdybde er beskrevet Side 154 og 155.

Selve Imprægneringsprocessen medfører en ringe Svækkelse (se Fig. 32), som fortager sig under den paafølgende Uges Luftlagring, idet Tjæren hærder. Ganske vist fandtes Trykstyrken i nogen Grad forringet, men

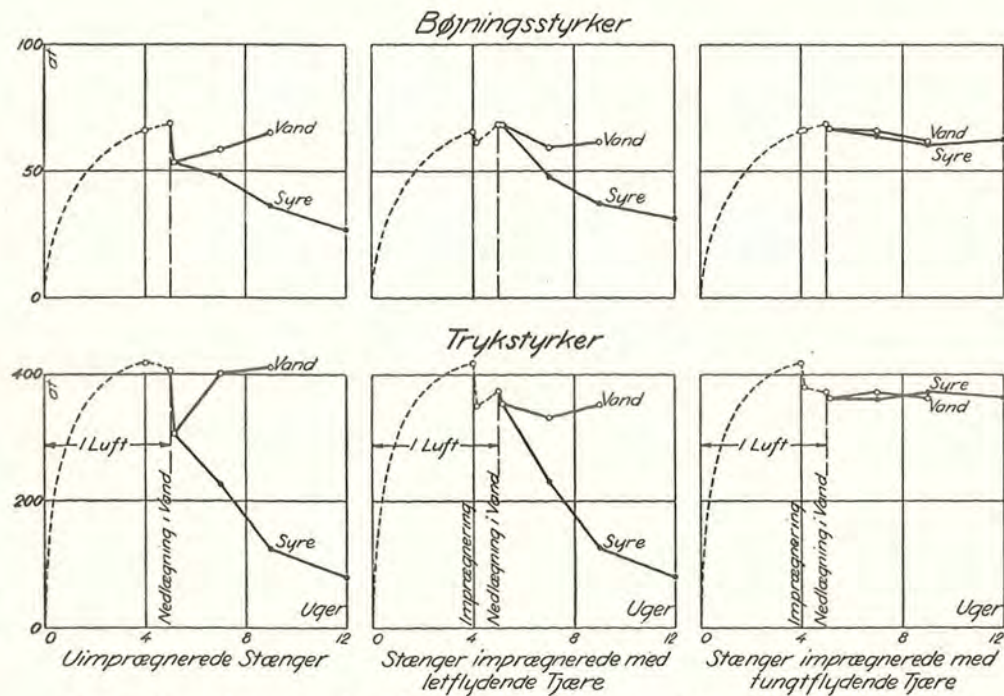


Fig. 32. Styrkekurver for tørstøbte Stænger 1 : 3 impr. med let- og tungtflydende Tjære.

dette maa for største Delen tilskrives Overfladelagets smørende Virkning og er derfor uden praktisk Betydning.

Vandlagring. Den letflydende Tjære hæmmede i nogen Grad, den tungtflydende i meget høj Grad Vandets Indtrængen (Side 157), og de imprægnerede Stænger lider derfor intet pludseligt Styrketab ved at lægges i Vand. Gennem den letflydende Tjære trængte der efterhaanden lidt Vand, der dels virkede mekanisk svækkende, dels kemisk hærdenende, hvilke Virkninger paa det nærmeste synes at ophæve hinanden. Efter alt at dømmes er de imprægnerede Stænger afskaarne fra yderligere Styrkevækst, medens de uimprægnerede hærder videre i Vandet. Dette syntes ikke at angribe Tjærerne.

Syrelagring. Overfor Syrens Indtrængen forholdt de to Tjærer sig omtrent paa samme Maade som overfor Vands (Side 157) med det Resultat, at den letflydende A-Tjære ikke ydede nogen nævneværdig Beskyttelse mod Syreangrebet (dette Dybde omtales Side 157), mens den tungtflydende Tjære virkede i høj Grad beskyttende og bevarede Stængernes Styrke i hele Syrelagringstiden. Syren angreb i nogen Grad selve Tjærerne og kunde fremkalde enkelte Blærer (Side 157).

β. ASFALTIMPRÆGNEREDE STÆNGER AF TØRSTØBT
MØRTEL 1:4.

(1) FORSØGENES UDFØRELSE.

Prøvelegemer: 2·2·12 cm Stænger.

Materialer: Som ved α-Forsøgene (Side 154).

Blandingsforhold: 1:4 efter Vægt.

Støbevandsmængde: 7,2 % af Tørstoffernes Vægt. Mørtlen var jordfugtig.

Prøvelegemernes Fremstilling: I Hovedsagen som beskrevet Side 87 for tørstøbte Stænger. Der afvejedes dog kun 103 g Mørtel til hver Stang, og Mørtlen komprimeredes ved 12 Slag i Stedet for 25. Vandtilsætningen var saadan, at der netop traadte Vand frem ved Komprimeringen.

Imprægning: Efter at Stængerne havde været lagret 7 Døgn i fugtig Luft og 24 Døgn i Laboratorieluft imprægneredes de med Asfalt.

Asfalten blev leveret af Direktør K. W. Nielsen og opgaves at være fremstillet ved kunstig Iltning af raa mexikansk Asfaltolie og at have Penetration 50—80 ved 25° C og Smeltepunkt 50—60° C. Imprægneringen med Asfalt foretoges i Asfaltleverandørens Laboratorium. Stængerne afbørstedes inden Imprægneringen med en blød Staalbørste, og derpaa blev de bundet sammen i Bundter saadan, at Mellemrummet mellem Stængerne blev ca. 5 mm. Et Bundt Stænger ad Gangen anbragtes i en 80° varm, luftfyldt Autoklav, i hvilken de stilledes lodret paa en Rist. 4 Minutter senere frembragtes Undertryk i Autoklaven. Undertrykket holdtes i 20 Min., og i Løbet af den Tid bragtes Temperaturen op til 147°. Ved Hjælp af Undertrykket sugedes derpaa i Løbet af ca. 1 Min. varm Asfalt ind i Autoklaven, indtil Stængerne var dækket, hvorefter Rummet sattes under et af de i Tabel 30 angivne Overtryk. Asfaltens Temperatur holdtes paa 170—180° i 20 Min., og Asfalten blev derefter ved Hjælp af Overtrykket presset ud af Autoklaven igen. Stængerne blev i 20 Min. staaende til Afdrypning i Auto-

TABEL 30

Imprægnerings- tryk i at	Antal Stænger	Gennemsnitlig Stangvægt i g		Tilvækst i g ved Impr.
		3 Døgn før Impr.	6 Døgn eft. Impr.	
$\frac{1}{2}$	13	101,63	102,85	1,22
4	14	101,63	103,11	1,48
6	15	101,57	105,10	3,53

klaven i 150° varm Luft ved Atmosfæretryk. 5 Døgn efter Imprægneringen blev Stængerne vejede med det i Tabel 30 indførte Resultat.

Vægtforøgelsen er dog intet Maal for den optagne Asfaltmængde, da der utvivlsomt er gaaet Vand bort fra Mørtlerne ved Opvarmningen i Autoklaven. Ved Styrkeforsøgene viste det sig, at Asfalten ved alle Tryk som Regel helt havde gennemtrængt Stængerne, og at Porerne ikke i alle Tilfælde var fyldte med Asfalt, men Væggene blot beklædt dermed.

Lagringsmaaden var for alle Stænger:

1'— 7' Døgn i fugtig (vandmættet) Luft	7F
8'—37' » » Laboratorieluft (i det 31' Døgn foretoges Imprægneringen)	30L

3 uimprægnerede og 3 imprægnerede Stænger af hver Slags blev derefter styrkeprøvede med det Formaal at vise Imprægneringens Indflydelse paa Styrken. Af de resterende Stænger lagredes derefter:

15 Stk. i Laboratorieluft	189L eller 366L
og 33 » » Syre	189S eller 366S.

Syrelagringen foregik paa »Syrehjul«, som beskrevet Side 105. Syren skiftedes første Gang efter 3 Ugers Forløb og derefter med 6 Ugers Mellemrum.

Syre: $\frac{1}{10}$ normal Saltsyre (ren Syre). Den brugte Syres Brintjoneksponent, bestemt kolorimetrisk umiddelbart før hver Skiftning, var ved 1' Skiftning ca. 7, men aftog ved de følgende Skiftninger; dens mindste Værdi var 4. Ved de sidste Skiftninger voksede pH-Værdien atter til 6 à 7; den gennemsnitlige pH-Værdi i det første halve og det første hele Aar var omtrent ens.

Styrkeprøvningen foregik som beskrevet Side 156, dog lod Asfalten sig ikke afskrabe. Der fandt Styrkeprøvning Sted paa følgende Tidspunkter:

Umiddelbart inden Syrelagringen
Efter ca. $\frac{1}{2}$ Aars (189 Døgn) Syrelagring
Efter ca. 1 Aars (366 Døgn) Syrelagring.

De i Tabellerne indførte Bøjningsstyrker er Middeltal af 3 og Trykstyrkerne af 6 Værdier; for den længste Lagring er Bøjningsstyrkerne dog Middeltal af 4—6 og Trykstyrkerne af 8—12 Værdier.

(2) FORSØGSRESULTATER.

De fundne Bøjnings- og Trykstyrker og de deraf dragne Slutninger findes i og under efterfølgende Tabeller.

Tabel T 5. Bøjningsstyrker efter 7F + 30L, samt efter 1/2 og 1 Aars Luft- eller Syrelagring.

- » T 6. Forholdet $\frac{\text{Imprægneret Mørtels Bøjningsstyrke}}{\text{Uimprægneret Mørtels Bøjningsstyrke}}$ efter samme Lagringer.
- » T 7. Trykstyrker efter samme Lagringer.
- » T 8. Forholdet $\frac{\text{Imprægneret Mørtels Trykstyrke}}{\text{Uimprægneret Mørtels Trykstyrke}}$ efter samme Lagringer.

En Oversigt over Resultaterne findes Side 169.

Bøjningsstyrker.

Mørtlens Imprægnerings- maade	Styrke efter Lagring 7F + 30 L	Styrke efter Lagring 7F + 30L + Lagring i			
		Laboratorieluft		Saltsyre	
		ca. 1/2 Aar	ca. 1 Aar	ca. 1/2 Aar	ca. 1 Aar
Tabel T 5. Absolutte Bøjningsstyrker i at.					
Uimprægneret	64,7	68,2	80,6	21,7	12,6
Impr. ved 1/2 at	82,9	}	79,5	64,5	50,8
» » 4 »	81,9		81,7	65,2	54,2
» » 6 »	95,8		79,7	74,6	71,4
Tabel T 6. Imprægneret Mørtels Bøjningsstyrke i % af uimprægnerets.					
Uimprægneret	100		100	100	100
Impr. ved 1/2 at	128		99	297	403
» » 4 »	126		101	300	430
» » 6 »	148		99	343	567

Trykstyrker.

Mørtlens Imprægnerings- maade	Styrke efter Lagring 7F + 30L	Styrke efter Lagring 7F + 30L + Lagring i			
		Laboratorieluft		Saltsyre	
		ca. 1/2 Aar	ca. 1 Aar	ca. 1/2 Aar	ca. 1 Aar
Tabel T 7. Absolutte Trykstyrker i at.					
Uimprægneret	345	403	438	68	29
Impr. ved 1/2 at	413	}	388	269	213
» » 4 »	391		380	288	219
» » 6 »	451		339	298	233
Tabel T 8. Imprægneret Mørtels Trykstyrke i % af uimprægnerets.					
Uimprægneret	100		100	100	100
Impr. ved 1/2 at	120		88	396	735
» » 4 »	113		87	424	755
» » 6 »	131		77	438	803

1) **Luftlagrede Stænger.** Tallene i 2' Spalte viser, at Imprægneringen straks har forøget Styrken, navnlig Imprægneringen ved 6 at. Under den paafølgende Luftlagring aftager Styrken en Ubetydelighed hos de under lavt Tryk imprægnerede Mørtler, og meget stærkt hos den under højt Tryk imprægnerede, mens den stiger for de uimprægnerede, og efter 1 Aar er Bøjningsstyrken ens hos alle Mørtler; Trykstyrken er derimod størst hos den uimprægnerede Mørtel.

2) **Syrelagrede Stænger.** Imprægneringen har i høj Grad beskyttet Stængerne mod Syren; Virkningen vokser med Imprægneringstrykket og med Syrelagringens Varighed.

Grunden til Asfaltstængernes Overlegenhed er kun i underordnet Grad deres større Styrke ved Syrelagringens Begyndelse; Hovedgrunden er, at Asfalten hæmmer Syrens Angreb. Dette ses tydeligt, naar Styrken efter 1 Aars Syrelagring udtrykkes i % af Styrken efter 1 Aars Luftlagring:

Imprægneringsmaade	Syrelagringsstyrke i % af Luftlagringsstyrke	
	Bøjningsstyrke	Trykstyrke
Uimprægneret	16	7
Impr. ved $\frac{1}{2}$ at	64	55
» » 4 »	66	58
» » 6 »	90	69

Det maa ved disse Forsøg erindres, at den uimprægnerede Mørtel, der danner Bæddemæssesgrundlaget, var cementfattigere og mindre komprimeret end ved α -Forsøgene (Side 164).

(3) OVERSIGT OVER TØRSTØBTE ASFALTSTÆNGER 1:4.

Luftlagring. Imprægneringen med Asfalt (Side 164) frembragte straks en betydelig Styrkestigning, der dog for Trykstyrkens Vedkommende blev noget nedsat ved Asfaltens smørende Virkning. Styrkestigningen var ens for de ved $\frac{1}{2}$ og 4 at imprægnerede Stænger; for de ved 6 at imprægnerede var den væsentlig større. Imprægneringen afbrød Hærdningen; de førstnævnte Stænger bevarede deres Styrke under den videre Lufthærdning, de sidstnævnte svækkedes i væsentlig Grad. Samtidig hærtnede de uimprægnerede Stænger videre. Disse Forhold medførte, at Bøjningsstyrken efter 1 Aars Luftlagring var ens for samtlige Stænger, og at Trykstyrken var størst for de uimprægnerede og mindst for de ved 6 at imprægnerede. Asfalten havde helt gennemtrængt Stængerne (Side 165).

Syrelagring. Asfalten havde ikke fuldstændig hindret, men i meget høj Grad hæmmet Syrens Indtrængen. Efter Syrelagringen viste de uimprægnerede Stængers Brudflade en tilsyneladende uangrebet Kærne omgivet af en gullig, usammenhængende Skal (Fig. 34). Efter $\frac{1}{2}$ Aars



Fig. 33.

Fig. 34.

Fig. 35.

Stænger knækkede efter 1 Aars Syrelagring.

Fig. 33. Imprægneret ved 6 at Tryk.

» 34. Uimprægneret.

» 35. Som 34, men afbørstet.

Syrelagring var Kærnen ca. 14 mm i Tværmaal, efter 1 Aars Syrelagring var Tæringen skredet videre frem, saa Kærnen Tværmaal kun var ca. 11 mm (Fig 35). Stængernes ydre Maal forblev saa godt som uændrede under Syrelagringen.

Naar Asfaltstængerne havde ligget $\frac{1}{2}$ Aar i Syre, var de tilsyne-

ladende tørre eller kun lidt fugtige i det Indre; efter 1 Aars Syrelagring var Fugtighedsgraden tilsyneladende lidt større, men enkelte Stænger var dog endnu helt tørre. Mørtlerne syntes upaavirkede af Syren, bortset fra nogle meget spredt liggende gullige Pletter, der efter $\frac{1}{2}$ Aars Lagring naaede ca. $\frac{1}{2}$ mm, og efter 1 Aars Lagring naaede ca. 1 mm ind i Stangen.

Ogsaa Styrketallene viste, at Asfalten i meget høj Grad havde beskyttet Mørtlen mod Syren; navnlig de ved 6 at imprægnerede Stænger var modstandsdygtige.

c. Vaadstøbt Mørtel.

TJÆRE- OG ASFALTIMPRÆGNEREDE STÆNGER AF MØRTEL 1 : 3.

(1) FORSØGENES UDFØRELSE.

Prøvelegemer: 2·2·12 cm Stænger.

Materialer: Som ved Forsøgene med tørstøbt Mørtel (Side 154).

Blandingsforhold: 1 : 3 efter Vægt.

Støbevandsmængde: 13,0 % af Tørstoffernes Vægt, som i vaadstøbt Mørtel 1 : 3 ved Forsøgsrækken Side 112.

Prøvelegemernes Fremstilling: Som beskrevet Side 112.

Imprægnering: Efter at Stængerne havde været lagret 1 Døgn i fugtig Luft, 6 Døgn i Vand og 3 Uger i Laboratorieluft imprægneredes de med de i Tabel 28, Side 154 indførte Tjærer samt med Asfalt.

Tjæreimprægneringen foretoges paa samme Maade som ved Forsøgene med tørstøbt Mørtel (Side 154), og Stængernes Udseende efter Imprægneringen var ligeledes det samme. Ved de foreliggende Forsøg blev Stængerne tillige undersøgt under Mikroskop, og det viste sig, at Overfladens Porer ikke var lukkede paa de med Tjærerne A og B imprægnerede Stænger, at de med Tjæren C imprægnerede havde ingen eller kun faa aabne Porer, samt at de med Tjæren D imprægnerede Stænger ingen aabne Porer havde.

Asfaltimprægneringen foretoges under ca. 5 at Overtryk og iøvrigt som angivet Side 164. Et Bundt med 12 Stænger vejede før Imprægneringen 1208 g, efter denne 1214 g (se ogsaa Side 165).

Samtidig med Udførelsen af Styrkeforsøgene undersøgtes Imprægneringsstoffets Indtrængningsdybde og Overfladelagets Tykkelse og Tilstand.

For Overfladelagets Tykkelse gælder det Side 155 meddelte; paa C-Stængerne maales Tykkelsen til $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ mm, og paa D-Stængerne var det ogsaa tykt.

Overfladelagets Tilstand er omtalt Side 174.

Indtrængningsdybden var som nedenfor angivet.

Tjærerne var trængt længere ind i disse vaadstøbte Stænger end i de tørstøbte ved b-Forsøgene. Deres Indtrængningsdybde voksede i samme Orden som ved b-Forsøgene nemlig i Ordenen C, A, B, D.

Tjære A: Ca. 3 mm, Grænsen uregelmæssig.

» B: Ca. 5 mm, » » og uskarp; indenfor den maalte mørkebrune Bræmme fandtes en lysebrun, der fortonede sig indefter.

Tjære C: Højest 1 mm.

» D: Ca. 7 mm, Grænsen uregelmæssig og uskarp; indenfor den maalte mørkebrune Bræmme fandtes en lysebrun, der ftonede sig indefter.

Asfalt: Højest 1 mm, bortset fra enkelte Porer, gennem hvilke Asfalten var trængt ind, i nogle Tilfælde helt til Stangens Midte.

Paa Fig. 36 er vist Brudfladen i nogle imprægnerede Stænger, der flækkedes paa langs, efter at de havde været lagret 56 Døgn i Syre. Af Stængerne A, B og C ses den oprindelige Ende; denne er derimod afsavet af Stang D og af Asfaltstangen.

Lagringsmaaden var for alle Stænger:

1'	Døgn i fugtig (vandmættet) Luft	1 F
2'—7'	» » Vand	6 V
8'—35'	» » Laboratorieluft (i det 28' Døgn foretoges Imprægneringen)	28 L
36'	» » rindende Vand	1 V

Det halve Antal Stænger lagredes derpaa i stillestaaende Vand, mens de øvrige syrelagredes paa »Syrehjul«, som beskrevet Side 105. Syren skiftedes ugentlig i de første 8 Uger. Derefter blev det halve Antal Stænger udtaget til Styrkeprøvning, og Træstænger blev indsat i deres Sted paa Hjulet for ikke at ændre Forsøgsbetingelserne for de resterende Mørtelstænger. Syren skiftedes derefter med det dobbelte Tidsmellemlum, altsaa hver 14' Dag. Ialt blev der skiftet Syre 16 Gange.

Syre: $\frac{1}{10}$ normal Mælkesyre (teknisk). Dens Brintjoneksponent pH bestemtes kolorimetrisk saavel umiddelbart efter Tilberedningen som umiddelbart før hver Skiftning.

For den friske Syre fandtes $\text{pH} = 2,7$.

For den til uimprægnerede Stænger brugte Syre aftog pH-Værdien ved Skiftningerne i de første 8 Uger jævnt fra ca. 7,5 til ca. 5, i de sidste 12 Uger var den 6 à 7.

For den til imprægnerede Stænger brugte Syre holdt pH-Værdien sig ved alle Skiftningerne indenfor Omraadet 3,7—4,0.

Styrkeprøvningen foregik som beskrevet Side 89, dog blev de imprægnerede Stængers Trykflader — ligesom ved Forsøget med tørstøbt Mørtel — afskrabet inden Trykforsøget for at fjerne Tjære eller Asfalt og derved undgaa Nedgang i Trykstyrke paa Grund af Overfladelagets smørende Virkning. Helt lod Overfladelaget sig dog ikke afskrabe; det lykkedes bedst paa de i 6 Maaneder syrelagrede Stænger.

Det halve Antal Stænger prøvedes efter 2 Maaneders (56 Døgns) Vand- eller Syrelagring, de øvrige efter 6 Maaneders (168 Døgns) Vand- eller Syrelagring. Mørtlerne var da henholdsvis 92 og 204 Døgn gamle.

Vaadstøbt Portlandcementmørtel $P_c : P_s = 1 : 3$.

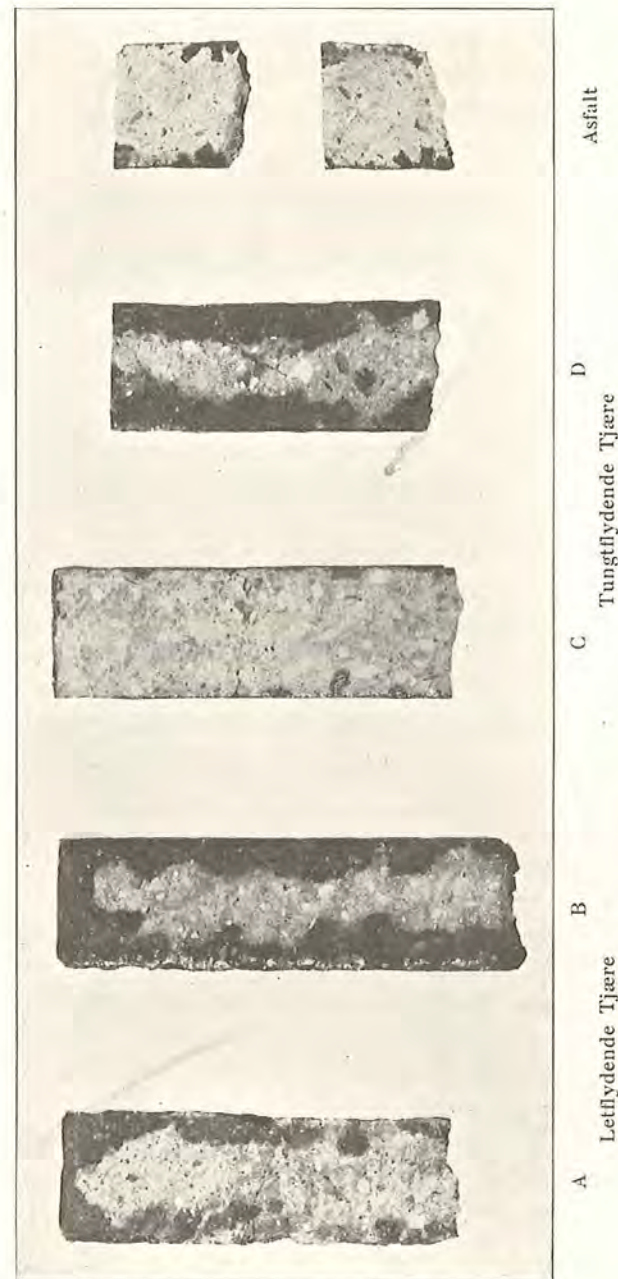


Fig. 36. Imprægnerede Mørtelstænger flækkede efter 56 Døgns Syrelagring.

De i Tabellerne indførte Bøjningsstyrker er for de uimprægnerede og for de tjæreimprægnerede Mørtlers Vedkommende Middeltal af 3 og Trykstyrkerne af 6 Værdier. For de asfaltimprægnerede Mørtlers Vedkommende er Bøjningsstyrkerne Middeltal af 6 og Trykstyrkerne af 12 Værdier.

(2) STÆNGERNES TILSTAND VED PRØVNINGEN.

(a) Brudfladernes Fugtighedsgrad.

Brudfladernes Fugtighedsgrad viste, at Tjæerne i nogen Grad havde hæmmet Vædskernes Adgang til Stængernes Indre.

Efter 6 Maaneders Vandlagring havde A-Stængerne en fugtig Skal udenom den tilsyneladende tørre ufarvede Kærne, B-Stængerne var fugtige helt igennem, C-Stængerne, der havde været svagt fugtige efter 2 Maaneders Vandlagring, var hvidtørre i det Indre, D-Stængerne var svagt fugtige helt igennem.

Efter 6 Maaneders Syrelagring var A-Stængerne hvidtørre i den ufarvede Kærne, B- og C-Stængerne var fugtige helt igennem, mens D-Stængernes Indre var tørt.

Asfalt-Stængerne var efter saavel 2 som 6 Maaneders Vandlagring hvidtørre i det Indre.

Efter 6 Maaneders Syrelagring var Asfalt-Stængerne fugtige helt igennem.

(b) Overfladelagets Tilstand.

De vandlagrede Tjærestænger smittede noget af ved Berøring saavel efter 2 som efter 6 Maaneder.

De syrelagrede Tjærestænger var efter 2 Maaneder mere afsmittende end de vandlagrede. Mørtlen i A-Stængernes Overflade var stærkt smuldrrende, navnlig paa Slamsiden. Efter 6 Maaneder var A-Stængerne stærkt angrebne i de yderste 2—3 mm, B-Stængerne i de yderste 1—2 mm, C-Stængerne var kun angrebne i ringere Grad, og D-Stængerne var tilsyneladende uangrebne.

De vandlagrede Asfalt-Stænger var tilsyneladende upaavirkede saavel efter 2 som efter 6 Maaneders Forløb.

De syrelagrede Asfalt-Stænger var tilsyneladende upaavirkede efter 2 Maaneder, men efter 6 Maaneder var de synligt angrebne navnlig paa Slamsiden. Dette stemmer godt med Styrketallene.

(3) STYRKETALLENE.

De fundne Bøjnings- og Trykstyrker og de af disse dragne Slutninger findes i og under efterfølgende Tabeller.

- Tabel V 1. Bøjningsstyrker efter 8 og 24 Ugers Vand- eller Syrelagring. Styrke efter Syrelagring i % af Styrke efter Vandlagring.
- » V 2. Trykstyrker efter 8 og 24 Ugers Vand- eller Syrelagring. Styrke efter Syrelagring i % af Styrke efter Vandlagring.
 - » V 3. Imprægnerede Stængers Styrke i % af uimprægneredes.

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 179.

TABEL V 1

Bøjningsstyrker efter 8 og 24 Ugers Vand- eller Syrelagring.

Lagringsmaaade 1F + 6V + 28L + 1V samt:	Imprægneringsmiddel					
	Intet	Tjære A	Tjære B	Tjære C	Tjære D	Asfalt
	at %	at %	at %	at %	at %	at %
8 Uger i Vand	55,2 100	53,1 100	50,8 100	51,2 100	43,9 100	60,1 100
24 » » »	56,6 102	54,5 103	49,3 97	48,2 94	48,4 110	62,9 105
8 Uger i Syre	43,0 100	36,4 100	33,7 100	46,5 100	48,4 100	58,6 100
24 » » »	39,7 92	21,9 60	24,4 72	48,2 104	46,7 96	41,8 71
Styrke efter Syrelagring i % af Styrke efter Vandlagring.						
Efter 8 Uger	78	69	66	91	110	98
» 24 »	70	41	49	100	97	67

Bøjningsstyrke. Vandlagring. Den samlede Virkning af Imprægnering og 8 Ugers Vandlagring er, at Asfaltstængerne er stærkest (fordi Imprægneringen har givet dem en stor Styrke), og at Tjærestængerne er svagest (fordi de ikke som de uimprægnerede er hærdnet videre under Vandlagringen). Paa dette Tidspunkt synes Hærdningsprocessen at være endt, Styrkestigningen fra 8' til 24' Uge er ubetydelig, og efter 24 Ugers Vandlagring er Styrkeordenen derfor den samme som efter 8 Ugers.

Bøjningsstyrke. Syrelagring. Den samlede Virkning af Imprægnering og Syrelagring er, at Styrken aftager i Ordenen:

Efter 8 Ugers Syrelagring:

- Asfalt
- Tungtflydende Tjærer
- Intet
- Letflydende Tjærer

Efter 24 Ugers Syrelagring:

- Tungtflydende Tjærer
- Asfalt
- Intet
- Letflydende Tjærer

Efter 8 Uger er Asfaltstængerne endnu de stærkeste delvis som Følge af deres store Begyndelsesstyrke, men ogsaa som Følge af stor Syrefasthed (se næstnederste Linie i Tabel V 1). Syrefastheden aftager imidlertid under den videre Syrelagring, og efter 24 Uger er Asfaltstængerne rykket ned paa 2' Plads. Et godt Maal for Syrefastheden har man i Styrkefaldet fra 8' til 24' Uge (Fig. 37); Asfalten og de letflydende Tjærer har formindsket Syrefastheden, de tungtflydende Tjærer har forøget den.

Bruger man Værdierne nederst i Tabel V 1 som Maal for Syrefastheden, faar Asfalten en gunstigere Stilling, fordi den i de første 8 Uger har været modstandsdygtig.

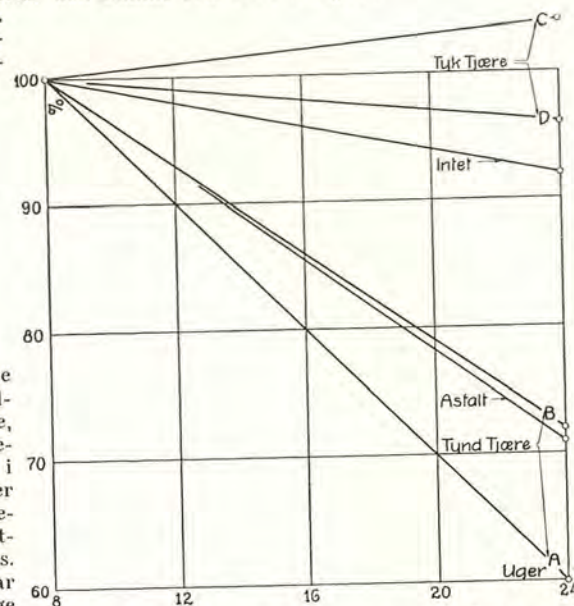


Fig. 37. Tjære- og asfaltimprægnerede Stænger af vaadstøbt Mørtel 1:3. Bøjningsstyrkeændring under Syrelagring fra 8' til 24' Uge.

TABEL V 2

Trykstyrker efter 8 og 24 Ugers Vand- eller Syrelagring.

Lagringsmaaade 1F + 6V + 28L + 1V samt:	Imprægneringsmiddel					
	Intet	Tjære A	Tjære B	Tjære C	Tjære D	Asfalt
	at %	at %	at %	at %	at %	at %
8 Uger i Vand	323 100	288 100	244 100	261 100	210 100	221 100
24 » » »	388 120	320 111	272 111	254 97	197 94	253 115
8 Uger i Syre	236 100	109 100	130 100	276 100	238 100	205 100
24 » » »	160 68	75 69	91 70	236 86	210 88	146 71
Styrke efter Syrelagring i % af Styrke efter Vandlagring						
Efter 8 Uger	73	38	53	106	113	93
» 24 »	41	23	33	92	106	58

Trykstyrke. Vandlagring. Den samlede Virkning af Imprægnering og 8 Ugers Vandlagring er, at de uimprægnerede Stænger er stærkest, fordi de er fri for det smørende Overfladelag, og fordi deres Styrke er vokset stærkt under Vandlagringen. Denne Vækst fortsætter sig under den videre Vandlagring, og de uimprægnerede Stænger er derfor endnu mere overlegne efter 24 Uger end efter 8 Uger.

Trykstyrke. Syrelagring. Efter saavel 8 som 24 Ugers Syrelagring er Styrkeordenen:

- Tungtflydende Tjærer.
- Intet.
- Asfalt.
- Letflydende Tjærer.

At Asfaltstængerens Trykstyrke (i Modsætning til Bøjningsstyrken) staar lavere end de uimprægnerede Stængers skyldes Asfaltens smørende Virkning.

Trykstyrketabet fra 8' til 24' Uge (Fig. 38) viser paany, at de tungtflydende Tjærer yder den bedste Beskyttelse mod Syren.

Om Forholdet mellem Styrken efter Syrelagring og efter Vandlagring (Tabellens nederste Linier) gælder det under Bøjningsstyrke anførte.

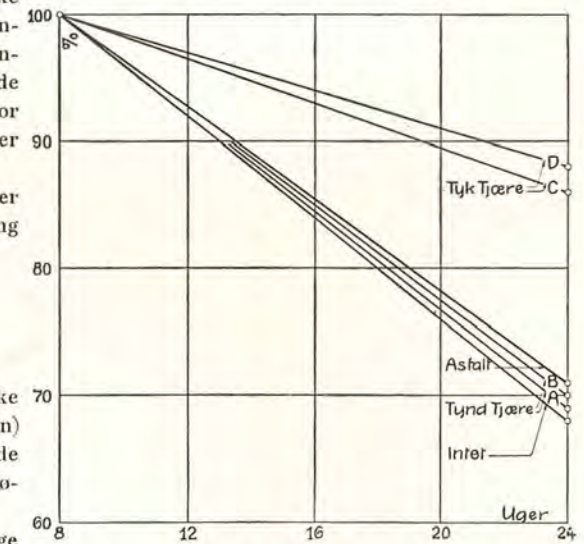


Fig. 38. Tjære- og asfaltimprægnerede Stænger af vaadstøbt Mørtel 1:3. Trykstyrkeændring under Syrelagring fra 8' til 24' Uge.

Imprægnerede Stængers Styrke i % af uimprægneredes.

Lagringsmaade 1F+6V+28L+1V samt:	Imprægneringsmiddel						
	Intet	Tjære A	Tjære B	Tjære C	Tjære D	Asfalt	
8 Uger i Vand	100	96	92	93	80	109	Bøjningsstyrke
24 » » »	100	96	87	85	86	111	
8 Uger i Syre	100	85	78	108	112	136	
24 » » »	100	55	62	121	117	105	
8 Uger i Vand	100	89	76	81	65	68	Trykstyrke
24 » » »	100	83	70	66	51	65	
8 Uger i Syre	100	46	55	117	101	87	
24 » » »	100	47	57	147	131	91	

Vandlagring. Tjærerne har forringet saavel Bøjnings- som Trykstyrken, Asfalten kun Trykstyrken. At Forringelsen er størst for Trykstyrken skyldes dels Smøringen, dels at de uimprægnerede Stængers Trykstyrke er vokset 20 % fra 8' til 24' Uge (Tabel V 2), Bøjningsstyrken kun 2 %.

Syrelagring. De letflydende Tjærer har svækket, de tungtflydende styrket Stængerne. Angaaende Asfaltens Forhold henvises til Tabel V 1 og V 2.

(4) OVERSIGT OVER VAADSTØBTE STÆNGER 1:3.

Tjæreimprægnerede Stænger. Tjæernes Indtrængningsdybde i de vaadstøbte og derfor porøse Mørtler 1:3 var 1—7 mm (Side 171), alt-saa væsentlig større end i de tørstøbte (Side 155), men alligevel hæmmede de i ringere Grad Vandets og Syrens Indtrængen i den første Tid (Side 174); begge Forhold er utvivlsomt en Følge af større Haar-rørvirkning. Senere, efter 6 Maaneders Vandlagring, var derimod A- og C-Stængerne tørre i Kærnen, og kun B- og D-Stængerne var tilsyneladende fugtige. Efter 6 Maaneders Syrelagring var A- og D-Stængerne tørre i Kærnen, mens B- og C-Stængerne tilsyneladende var fugtige. Mærkværdigvis synes der ingen Forbindelse at være mellem disse Forskelle og Stængernes Styrkeændringer.

Efter Vandlagring smittede Tjærerne af, efter Syrelagring i endnu højere Grad (Side 174). Efter 6 Maaneders Syrelagring var selve Mørtlen stærkt angrebet i A-Stængerne, mindre i B-Stængerne og endnu mindre i C-Stængerne; D-Stængerne syntes uangrebne.

Den samlede Virkning af Imprægneringen og 8 Ugers Vandlagring var for Bøjningsstyrkens Vedkommende, at Tjærestængerne gennemsnitlig var ca. 10 % svagere end de uimprægnerede Stænger, hvilket navnlig skyldes, at Tjæren har hindret Stængerne i at hærde videre i Vandet. Under den videre Vandlagring finder der heller ikke hos de uimprægnerede Stænger nogen væsentlig Styrkestigning Sted. For Trykstyrkens Vedkommende er Tjærestængerne mere underlegne som Følge af Tjærens smørende Virkning, og Underlegenheden vokser med Vandlagringstiden, fordi de uimprægnerede Stængers Trykstyrke vokser 20 % fra 8' til 24' Uge, medens Tjærestængernes Trykstyrke ikke vokser eller kun i ringere Grad.

Stængernes Syrefasthed var stærkt paavirket af Tjærens Art; den forøgedes i væsentlig Grad af de tungtflydende Tjærer og forringedes i væsentlig Grad af de letflydende.

Asfaltimprægnerede Stænger. Asfaltens Indtrængningsdybde var højest 1 mm bortset fra enkelte Porer (Side 172). Efter saavel 2 som 6 Maaneders Vandlagring var Asfalten uforandret og Stængerne hvidtørre i det Indre, efter 2 Maaneders Syrelagring var saavel Asfalten som Mørtlen tilsyneladende uangrebne, efter 6 Maaneders Syrelagring var Stængerne gennemvaade og synligt angrebne, navnlig paa Slamsiden (Side 174).

Stængernes Syrefasthed blev stærkt forøget af Asfalten, men kun i de første 8 Uger. Formentlig har Asfalten i denne Periode holdt Syren borte fra Mørtlen, samtidig med, at den selv er blevet tæret, thi mellem 8' og 24' Syrelagringsuge aftager Asfaltstængernes Styrke lige saa voldsomt som de med letflydende Tjærer imprægnerede Stængers.

d. Sammenfattende Oversigt over Tjære- og Asfaltimprægnering.

Imprægneringsmidlets Indtrængningsdybde.

Ved Mørtlernes Imprægnering med Tjære (ved Dypning) eller Asfalt (ved Indpresning) blev en Del af Imprægneringsmidlet siddende paa Overfladen, hvor det dannede et mere eller mindre tykt Lag, medens en anden Del trængte ind i Mørtlen.

Overfladelagets Tykkelse var meget ringe for de letflydende Tjærers Vedkommende og indtil $\frac{1}{2}$ mm eller mere for de tungtflydende Tjærers Vedkommende.

Imprægneringsmidlernes Indtrængningsdybde afgang ikke blot af Midlets Letflydenhed, men ogsaa af andre Egenskaber hos dette.

I de tjæreimprægnede, tørstøbte Mørtler 1:3 var Indtrængningsdybden for Tjærens sorte Stoffer højst 2 mm, aabenbart som Følge af disse Mørtlers store Tæthed.

I de tjæreimprægnede, vaadstøbte Mørtler 1:3 var Indtrængningsdybden derimod indtil 7 mm, aabenbart som Følge af disse Mørtlers større Haarrørvirkning.

I de under Tryk asfaltimprægnede, vaadstøbte Mørtler 1:3 var Indtrængningsdybden kun 0—1 mm. Disse Mørtler har haft samme Porøsitet som de tilsvarende tjæreimprægnede, og deres Porer er aabenbart saa fine, at de nok indsuger de mere eller mindre letflydende Dele af Tjæerne, men modsætter sig en Indpresning af den mere tungtflydende Asfalt.

De under Tryk asfaltimprægnede, tørstøbte Mørtler 1:4 var helt gennemtrængte. Disse Mørtlers Porer har altsaa været saa vide, at Asfalt har kunnet presses ind i dem. Vidden skyldes dels det ringe Cementindhold, dels det nedsatte Slagantal (12 i St. f. 25) ved Komprimeringen med Böhmes Hammer.

Imprægneringens Indflydelse paa Stængernes Styrke.

Imprægneringsprocessen ændrer i nogen Grad Stængernes Styrke.

Tjære virker oplødende og nedsætter derved saavel Bøjnings- som Trykstyrken, men Styrketabet genvindes i nogen Grad, efterhaanden som Tjæren hærder, og er i det hele taget ret uvæsentligt. Ganske vist fandtes Trykstyrken i væsentlig Grad forringet, men dette maa for Størstedelen tilskrives Overfladelagets smørende Virkning og er derfor uden praktisk Betydning.

Asfalten, der i Modsætning til Tjæerne er haard ved almindelig Temperatur, forøger saavel Bøjnings- som Trykstyrken stærkt, saafremt Mørtlen er saa grovporet, at Asfalten kan presses ind i den. Er Mørtlen finporet, bliver Asfalten paa Overfladen, hvor den i nogen Grad forøger Bøjningsstyrken, men i høj Grad forringer Trykstyrken, fordi den virker smørende.

Saavel Tjæren som navnlig Asfalten hindrer eller hæmmer i saa høj Grad Vands og Lufts Indtrængen, at de imprægnede Stængers Styrke ikke ændres i væsentlig Grad under en paafølgende Vand- eller Luftlagring. Disse Stænger lider altsaa heller ikke det pludselige Styrketab, som uimprægnede Stænger lider, naar de lægges i Vand.

Imprægneringens Indflydelse paa Stængernes Syrefasthed.

Imprægnering med de letflydende Tjærer viste sig at være uden Værdi; disse Tjærer danner nemlig ingen beskyttende Kappe.

Imprægnering med de tungtflydende Tjærer (ved Dypning) og med Asfalten (ved Indpresning) hæmmede Syrens Indtrængen mere eller mindre stærkt.

De tungtflydende Tjærer kan give porøse Mørtler en god Beskyttelse, og deres gavnlige Virkning maa navnlig tilskrives det Overfladelag, de afsætter paa Stængerne.

Asfaltens Virkning afgang i væsentlig Grad af Mørtlens Porestørrelse. Den grovporede Mørtel (1:4, tørstøbt) blev helt gennemtrængt af Asfalten, hvorved saavel dens Styrke som Syrefasthed blev stærkt forøget; naar Imprægneringstrykket var 6 at, var Virkningen en Del større, end naar Trykket var lavere. Den finporede Mørtel (1:3, vaadstøbt) blev ikke gennemtrængt af Asfalten, og det overfladiske Asfaltlag ydede kun en midlertidig Beskyttelse; i de første 8 Uger holdt det Syren borte fra Mørtlen, men Asfalten selv synes ikke at have taalt Syren, thi mellem 8' og 24' Syrelagringsuge svækkedes Asfaltstængerne lige saa stærkt som de med letflydende Tjære behandlede Stænger.

Blandt de undersøgte Imprægneringsstoffer har altsaa de letflydende Tjærer vist sig uvirksomme, de tungtflydende meget virksomme i Kraft af den Kappe, de lægger om Mørtlen. Dette er i Overensstemmelse med Resultaterne af Rørforsøgene (Side 80), men som dør nævnt er det tvivlsomt, om Virkningen holder sig i det lange Løb, thi efter saavel Vand- som Syrelagring viste Tjæren sig i flere Tilfælde afsmittende.

Asfalten, der indpressedes under Tryk, kunde ikke presses ind i en vaadstøbt Mørtel 1:3, og Overfladelaget var uden varig Virkning. En tørstøbt Mørtel 1:4 blev derimod helt gennemtrængt af Asfalten, hvorved dens Syrefasthed blev stærkt forøget.

2. Portlandcementmørtel imprægneret med Vandglas.

a. INDLEDNING.

Naar hærdnede Cementrør dyppes i en Vandglasopløsning, kan deres Vandtæthed forøges i væsentlig Grad, som paavist ved tidligere Forsøg (»Cementrørs Vandtæthed« Side 26). Da denne Behandlingsmaade undertiden bruges paa Rørstøberierne, besluttede man at undersøge dens Indflydelse paa Mørtlernes Styrke og Syrefasthed og udførte i den Anledning to Forsøgsrækker, een i 1929 og een i 1930. Ved Forsøgene i 1929 varede Syrelagringen 28 Døgn og foregik i Glaskasser med stillestaaende $\frac{1}{10}$ normal Mælkesyre. Ved denne Syrelagring tæredes Stængerne imidlertid meget lidt, saaledes at Styrkeforskellene mellem imprægnerede og uimprægnerede syrelagrede Stænger kun blev smaa. Derfor udførtes i 1930 en ny Forsøgsrække, i hvilken Syrepaavirkningen var kraftigere, idet Syrelagringen varede 56 Døgn og foregik i $\frac{3}{10}$ normal Mælkesyre.

Saavel for 1929-Forsøgene som for 1930-Forsøgene blev der udregnet relative Styrketal, og da de deraf dragne Slutninger i alt væsentlig stemte overens, besluttede man — for at spare Plads — at nøjes med at offentliggøre en mere indgaaende Behandling af de to Forsøgsrækker under eet. Denne Behandling foretoges paa Grundlag af Middelværdier af tilsvarende Styrketal fra de to Forsøgsrækker og deraf udregnede relative Styrketal, og findes i Stykke c Side 183, hvor ogsaa de ved 1929- og 1930-Forsøgene fundne Styrketal er meddelt.

b. FORSØGENES UDFØRELSE.

Prøvelegemer: 2 · 2 · 12 cm Stænger.

Materialer: Portlandcement og Bakkesand som beskrevet Side 112.

Blandingsforhold: 1 : 2 og 1 : 3 efter Vægt.

Støbevandsmængder: Som til Portlandcementmørtlerne ved Forsøgene med forskellige Cementer (se Tabel 26, Side 112).

Blanding: Som beskrevet Side 112.

Prøvelegemernes Fremstilling: Som beskrevet Side 112. Da Stængerne var 28 Døgn gamle, imprægneredes de med Vandglas, idet de i et Døgn holdtes nedsænkede i en Opløsning fremstillet af 1 Vægtdele Natronvandglas (alm. Handelsvare 36—38° Be.) og 4 Vægtdele Vand. Opløsningens Vægtfylde var 1,07 g/cm³.

Lagringsmaade: Som beskrevet Side 113. Efter Vandglasimprægneringen laa Stængerne altsaa endnu 7 Døgn i Laboratorieluft. Syrelagringen foregik i Glaskasser med stillestaaende Syre, som beskrevet Side 113.

Syre: Mælkesyre (teknisk) $\left\{ \begin{array}{l} \text{ved 1929-Forsøgene } \frac{1}{10} \text{ normal} \\ \text{» 1930- » } \frac{3}{10} \text{ »} \end{array} \right.$

Styrkeprøvning: Som beskrevet Side 113. De i Tabellerne Si 1—8 indførte Bøjningsstyrker er Middeltal af 3 Værdier, Trykstyrkerne af 6 Værdier; de i Tabellerne Si 9—16 indførte Styrketal er Middeltal af dobbelte Antal Værdier.

c. FORSØGSRESULTATER.

De fundne Styrketal og øvrige Forsøgsresultater er indført i og under efterfølgende Tabeller:

1929-Forsøgene

Tabel Si 1.	Uimprægneret Mørtel:	Styrke efter 4 Ugers Vandlagring
» Si 2.	» : »	» 4 » Syrelagring
» Si 3.	Imprægneret	» : » 4 » Vandlagring
» Si 4.	» : »	» 4 » Syrelagring

1930-Forsøgene

Tabel Si 5.	Uimprægneret Mørtel:	Styrke efter 8 Ugers Vandlagring
» Si 6.	» : »	» 8 » Syrelagring
» Si 7.	Imprægneret	» : » 8 » Vandlagring
» Si 8.	» : »	» 8 » Syrelagring

Middelværdier af 1929- og 1930-Forsøgene

Uimprægneret Mørtel:

Tabel Si 9. Styrke efter gennemsnitlig 6 Ugers Vandlagring
 » Si 10. » » » 6 » Syrelagring
 » Si 11. Forholdet $\frac{\text{Styrke efter Syrelagring}}{\text{Styrke efter Vandlagring}}$

Imprægneret Mørtel:

Tabel Si 12. Styrke efter gennemsnitlig 6 Ugers Vandlagring
 » Si 13. » » » 6 » Syrelagring
 » Si 14. Forholdet $\frac{\text{Styrke efter Syrelagring}}{\text{Styrke efter Vandlagring}}$
 » Si 15. Forholdet $\frac{\text{Imprægnerede Mørtlers Styrke}}{\text{Uimprægnerede Mørtlers Styrke}}$ efter Vandlagring
 » Si 16. Forholdet $\frac{\text{Imprægnerede Mørtlers Styrke}}{\text{Uimprægnerede Mørtlers Styrke}}$ efter Syrelagring

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 192.

TABEL Si 1-4
1929-Forsøgene

Uimprægnerede Mørtlers Styrke efter 4 Ugers Vand- eller Syrelagring.

Tabel Si 1 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 29V

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	83,2	617	72,9	507
	7F	78,2	561	75,4	565
1 : 3	1F + 6V	68,9	548	53,8	327
	7F	65,6	511	59,9	380
Middeltal		74,0	559	65,5	445

Tabel Si 2 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 28S

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	79,8	563	64,6	406
	7F	79,1	535	65,3	402
1 : 3	1F + 6V	61,5	417	48,1	258
	7F	62,2	431	51,4	316
Middeltal		70,7	487	57,4	346

Vandglasimprægnerede Mørtlers Styrke efter 4 Ugers Vand- eller Syrelagring.

Tabel Si 3 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 29V

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	82,5	680	74,4	496
	7F	80,5	626	82,8	554
1 : 3	1F + 6V	76,3	585	59,0	402
	7F	71,8	533	67,8	415
Middeltal		77,8	606	71,0	467

Tabel Si 4 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 28S

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	73,0	508	72,8	472
	7F	73,2	508	71,9	456
1 : 3	1F + 6V	62,7	435	58,0	329
	7F	62,5	445	57,3	321
Middeltal		67,9	474	65,0	395

TABEL Si 5-8
1930-Forsøgene

Uimprægnerede Mørtlers Styrke efter 8 Ugers Vand- eller Syrelagring.

Tabel Si 5 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 57V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	82,7	692	65,5	557
	7F	82,7	672	71,6	534
1 : 3	1F + 6V	77,9	577	59,8	362
	7F	73,4	552	64,3	404
Middeltal		79,2	623	65,3	464

Tabel Si 6 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 56S

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	53,1	223	45,5	169
	7F	56,4	239	45,0	186
1 : 3	1F + 6V	48,8	191	33,2	105
	7F	47,5	151	31,3	108
Middeltal		51,5	201	38,8	142

Vandglasimprægnerede Mørtlers Styrke efter 8 Ugers Vand- eller Syrelagring.

Tabel Si 7 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 57V

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	86,0	611	77,4	554
	7F	84,4	644	75,4	598
1 : 3	1F + 6V	77,7	580	60,4	399
	7F	78,0	528	64,9	392
Middeltal		81,5	591	69,5	486

Tabel Si 8 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 56S

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	53,3	226	45,2	226
	7F	53,5	231	45,6	224
1 : 3	1F + 6V	45,6	177	32,4	133
	7F	43,7	164	33,4	144
Middeltal		49,0	200	39,2	182

TABEL Si 9-10
Middelværdier af
1929-Forsøgene
og
1930-Forsøgene

Uimprægnerede Mørtlers Styrke efter gennemsnitlig 6 Ugers Vand- eller Syrelagring.

Tabel Si 9 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 43V (gennemsnitlig)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	83,0	655	69,2	532
	7F	80,5	617	73,5	550
1 : 3	1F + 6V	73,4	563	56,8	345
	7F	69,5	532	62,1	392
Middeltal		76,6	592	65,4	455

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 26 % stærkere end vaadstøbte.
 For Bøjningsstyrken alene er Tallet 18 % For Trykstyrken alene er Tallet 34 %
 1 : 2 alene 15 % 1 : 3 alene 21 » 1 : 2 alene 18 % 1 : 3 alene 50 »
 For Mørtlerne 1 : 2 alene er Tallet 16 » For Mørtlerne 1 : 3 alene er Tallet 35 »
 » Lagring 1F+6V » » » 34 » » Lagring 7F » » » 17 »

Tabel Si 10 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 42S (gennemsnitlig)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	67,0	393	55,1	288
	7F	67,8	387	55,2	294
1 : 3	1F + 6V	55,2	304	40,7	182
	7F	54,9	291	42,3	212
Middeltal		61,2	344	48,3	244

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 35 % stærkere end vaadstøbte.
 For Bøjningsstyrken alene er Tallet 28 % For Trykstyrken alene er Tallet 43 %
 1 : 2 alene 23 % 1 : 3 alene 33 » 1 : 2 alene 34 % 1 : 3 alene 52 »
 For Mørtlerne 1 : 2 alene er Tallet 28 » For Mørtlerne 1 : 3 alene er Tallet 42 »
 » Lagring 1F+6V » » » 40 » » Lagring 7F » » » 30 »

TABEL Si 11
Middelværdier af
1929-Forsøgene
og
1930-Forsøgene

Forholdet $\frac{\text{Uimprægnerede Mørtlers Styrke efter Syrelagring}}{\text{Uimprægnerede Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}$

Tabel Si 11 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + $\begin{cases} 42S \\ 42V \end{cases}$ (gennemsnitlig)
Syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	81	60	80	54	69
	7F	84	63	75	53	69
1 : 3	1F + 6V	75	54	72	53	64
	7F	79	55	68	54	64
Middeltal		80	58	74	54	67

Uimprægnerede Mørtlers Styrke er efter Syrelagringen gennemsnitlig 66 % af Styrken efter Vandlagringen.

For tørstøbte alene er Tallet 69 % For vaadstøbte alene er Tallet 64 %
 » Bøjningsstyrken » » » 77 » » Trykstyrken » » » 56 »
 » Mørtlerne 1 : 2 » » » 67 » » Mørtlerne 1 : 3 » » » 64 »
 » Lagring 1F+6V » » » 66 » » Lagring 7F » » » 64 »

TABEL Si 12-13
Middelværdier af
1929-Forsøgene
og
1930-Forsøgene

Vandglasimprægnerede Mørtlers Styrke efter gennemsnitlig
6 Ugers Vand- eller Syrelagring.

Tabel Si 12 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 43V (gennemsnitlig)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	84,3	646	75,9	525
	7F	82,5	635	79,1	576
1 : 3	1F + 6V	77,0	583	59,7	401
	7F	74,9	531	66,4	404
Middeltal		79,7	599	70,3	477

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 21 % stærkere end vaadstøbte.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 14 % For Trykstyrken alene er Tallet 28 %
 1 : 2 alene 8 % 1 : 3 alene 21 » 1 : 2 alene 17 % 1 : 3 alene 39 »
 For Mørtlerne 1 : 2 alene er Tallet 12 » For Mørtlerne 1 : 3 alene er Tallet 30 »
 » Lagring 1F+6V » » » 27 » » Lagring 7F » » » 15 »

Tabel Si 13 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 42S (gennemsnitlig)

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler	
		Bøjning at	Tryk at	Bøjning at	Tryk at
1 : 2	1F + 6V	63,2	367	59,0	349
	7F	63,4	370	58,8	340
1 : 3	1F + 6V	54,2	306	45,2	231
	7F	53,1	305	45,4	233
Middeltal		58,5	337	52,1	288

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 16 % stærkere end vaadstøbte.

For Bøjningsstyrken alene er Tallet 13 % For Trykstyrken alene er Tallet 20 %
 1 : 2 alene 8 % 1 : 3 alene 19 » 1 : 2 alene 7 % 1 : 3 alene 32 %
 For Mørtlerne 1 : 2 alene er Tallet 7 » For Mørtlerne 1 : 3 alene er Tallet 25 %
 » Lagring 1F+6V » » » 16 » » Lagring 7F » » » 16 %

TABEL Si 14
Middelværdier af
1929-Forsøgene
og
1930-Forsøgene

Forholdet $\frac{\text{Imprægnerede Mørtlers Styrke efter Syrelagring}}{\text{Imprægnerede Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}$

Tabel Si 14 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + $\left\{ \begin{array}{l} 42S \\ 42V \end{array} \right.$ (gennemsnitlig)

Syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	75	57	78	66	69
	7F	77	58	74	59	67
1 : 3	1F + 6V	70	52	76	58	64
	7F	71	57	68	58	64
Middeltal		73	56	74	60	66

Imprægnerede Mørtlers Styrke er efter Syrelagringen gennemsnitlig 66 % af Styrken efter Vandlagringen.

For tørstøbte	alene er Tallet	65 %	For vaadstøbte	alene er Tallet	67 %
» Bøjningsstyrken	» » »	74 »	» Trykstyrken	» » »	58 »
» Mørtlerne 1:2	» » »	68 »	» Mørtlerne 1:3	» » »	64 »
» Lagring 1F+6V	» » »	67 »	» Lagring 7F	» » »	65 »

TABEL Si 15-16
Middelværdier af
1929-Forsøgene
og
1930-Forsøgene

Forholdet $\frac{\text{Imprægnerede Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}{\text{Uimprægnerede Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}$

Tabel Si 15 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 43V (gennemsnitlig)

Imprægnerede vandlagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende uimpr. Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	101	99	110	99	102
	7F	102	103	108	105	105
1 : 3	1F + 6V	105	104	105	116	108
	7F	108	100	107	103	105
Middeltal		104	102	108	106	105

Imprægnerede Mørtler er gennemsnitlig 5 % stærkere end uimprægnerede.

For tørstøbte alene er Tallet	3 %	For vaadstøbte alene er Tallet	7 %
1 : 2 alene 1 %	1 : 3 alene 4 »	1 : 2 alene 6 %	1 : 3 alene 8 »
» Sb » 4 » Sc » 1 »		» Sb » 8 » Sc » 6 »	
For Bøjningsstyrken alene er Tallet	6 »	For Trykstyrken alene er Tallet	4 »
» Mørtlerne 1 : 2 » » » 3 »		» Mørtlerne 1 : 3 » » » 6 »	
» Lagring 1F + 6V » » » 5 »		» Lagring 7F » » » 5 »	

Tabel Si 16 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 42S (gennemsnitlig)

Imprægnerede syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende uimpr. Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	94	93	107	121	104
	7F	93	96	106	115	103
1 : 3	1F + 6V	98	101	111	127	109
	7F	97	105	107	110	105
Middeltal		96	99	108	118	105

Imprægnerede Mørtler er gennemsnitlig 5 % stærkere end uimprægnerede.

For tørstøbte alene er Tallet	- 3 %	For vaadstøbte alene er Tallet	13 %
Lagr. 1F+6V 4 %	Lagr. 7F - 2 »	Lagr. 1F+6V 16 %	Lagr. 7F 10 »
For Bøjningsstyrken alene er Tallet	2 »	For Trykstyrken alene er Tallet	8 »
Tørstøbning: 5 %	Vaadstøbning 8 »	Tørstøbning 1 %	Vaadstøbning 18 »
For Mørtlerne 1 : 2 alene er Tallet	3 »	For Mørtlerne 1 : 3 alene er Tallet	7 »
Tørstøbning 6 %	Vaadstøbning 13 »	Tørstøbning 0 %	Vaadstøbning 14 »
For Lagr. 1F + 6V alene er Tallet	6 »	For Lagring 7F alene er Tallet	4 »

d. OVERSIGT OVER FORSØG MED VANDGLAS.

Hovedresultaterne er, at Mørtlernes Imprægnering med Vandglas ikke har en nær saa stor Indflydelse paa Mørtlernes Styrke og Syrefasthed som paa deres Vandtæthed.

Styrke efter Vandlagring. 5 Uger gamle Mørtelstænger, af hvilke det halve Antal var blevet imprægneret, da de var 4 Uger gamle, vandlagredes i 4 eller 8 Uger, hvorefter Styrken bestemtes. Hovedresultatet var, at de imprægnerede Stænger gennemsnitlig var 5 % stærkere end uimprægnerede.

Da Vandglasset navnlig paavirker Overfladen, forøges Bøjningsstyrken lidt mere end Trykstyrken. Behandlingen udjævner i nogen Grad Kvalitetsforskelle; saaledes styrkes Mørtler 1 : 3 lidt mere end Mørtler 1 : 2 og vaadstøbte Mørtler lidt mere end tørstøbte; dette forklares ved, at Vandglasset trænger lettest ind i de porøse Mørtler. Se iøvrigt Tabel Si 15, Side 191.

Styrke efter Syrelagring. Naar Stængerne lagredes i Syre i Stedet for i Vand, fandtes de imprægnerede Stænger ogsaa gennemsnitlig 5 % stærkere end de uimprægnerede, men dette Middeltal fremkommer paa den Maade, at de vaadstøbte Stænger viste 13 % Overlegenhed, medens de tørstøbte viste 3 % Underlegenhed.

Imprægneringen forøger altsaa de vaadstøbte Mørtlers Syrefasthed, men dog saa lidt, at det synes uden praktisk Betydning, navnlig naar man bedømmer Syrefastheden ved Bøjningsstyrketallene, hvilket er naturligt for Rørs Vedkommende.

Da Vandglasset, samtidig med at det har forøget de vaadstøbte Mørtlers Modstandsdygtighed, har formindsket de tørstøbtes, udjævner Behandlingen altsaa i nogen Grad Forskelle i Syrefasthed, thi tørstøbte Mørtler er i Almindelighed fundet modstandsdygtigere end vaadstøbte. Se iøvrigt Tabel Si 16, Side 191.

3. Portlandcementmørtel med Sæbetilsætning.

a. INDLEDNING.

Ved de tidligere offentliggjorte Forsøg over Cementrørs Vandtæthed fandtes sæbeholdige Mørtler langt tættere end sæbefri («Cementrørs Vandtæthed» Side 28), og man besluttede derfor ogsaa at undersøge Sæbens Indflydelse paa Styrke og Syrefasthed.

Der udførtes een Forsøgsrække i 1929, og den viste, at Sæben virkede stærkt svækkende (Tabel Sæ 7), navnlig var sæbeholdige vaadstøbte Mørtler de sæbefri underlegne. Ved disse Forsøg blev Mørtlerne udrørt med Sæbevand, hvis Sæbeholdighed var ens for tørstøbte og vaadstøbte Stænger, hvorved disses Sæbeindhold pr. kg Cement blev større end hines. For at faa afgjort, om dette var Aarsagen til de vaadstøbte Mørtlers store Underlegenhed, gentoges Forsøgene i 1930 med den Ændring, at Forholdet $\frac{\text{Vægtmængde Sæbe}}{\text{Vægtmængde Cement}}$ holdtes ens for alle Mørtlerne. Ved disse Forsøg var de vaadstøbte Mørtlers Underlegenhed væsentlig mindre end ved de første Forsøg, men den var ogsaa denne Gang betydelig (se Tabel Sæ 15).

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 206.

b. FORSØG MED

KONSTANT FORHOLD $\frac{\text{VÆGTMÆNGDE VAND}}{\text{VÆGTMÆNGDE SÆBE}}$

a. FORSØGENES UDFØRELSE.

Prøvelegemer: 2 · 2 · 12 cm Stænger.

Materialer: Portlandcement og Bakkesand som beskrevet Side 112.

Blandingsforhold: 1 : 2 og 1 : 3 efter Vægt.

Konsistens: Ens for sæbefri og sæbeholdige Mørtler og den samme som angivet Side 112.

Støbevandsmængderne udtrykt i % af Tørstoffernes Vægt er indført i Tabel 31.

TABEL 31.

	Blfh.	Alm. Vand	Sæbevand
Tørstøbte Mørtler	1 : 2	8,6 %	9,0 %
	1 : 3	8,4 »	8,0 »
Vaadstøbte Mørtler	1 : 2	13,2 %	16,5 %
	1 : 3	13,0 »	15,5 »

Sæbeholdighed: Sæbevandet fremstilledes ved at opløse 1 Vægtdel brun blød Sæbe i 9 Dele Vand; det filtreredes gennem et Klæde inden Brugen. Sæbeopløsningens Vægtfylde bestemt med Flydevægt fandtes at være 1,005 g/cm³, dens pH-Værdi bestemt kolorimetrisk fandtes at være ca. 9. Det havde ingen mærkbar Indflydelse paa disse Værdier, om Sæbeholdigheden var lidt større eller lidt mindre end 10 %.

Sæbemængden udtrykt i % af Cementens Vægt var:

Blfh.	Tørstøbte Mørtler	Vaadstøbte Mørtler
1 : 2	2,7 %	5,0 %
1 : 3	3,2 »	6,2 »

Blanding:

Prøvelegemernes Fremstilling: } Som beskrevet Side 112.

Lagringsmaade: Som beskrevet Side 113. Syrelagringen foregik i Glaskasser med stillestaaende Syre som beskrevet Side 113.

Syre: $\frac{1}{10}$ normal Mælkesyre (teknisk).

Styrkeprøvning: Som beskrevet Side 113. De i Tabellerne indførte Bøjningsstyrker er Middeltal af 3 Værdier og Trykstyrkerne af 6 Værdier.

β. FORSØGENES RESULTATER.

De fundne Styrketal og de af disse dragne Slutninger findes i og under efterfølgende Tabeller:

Tabel Sæ 1.	Sæbefri Mørtel: Styrke efter Vandlagring.
» Sæ 2.	» » : » » Syrelagring.
» Sæ 3.	» » : Forholdet $\frac{\text{Styrke efter Syrelagring}}{\text{Styrke efter Vandlagring}}$.
» Sæ 4.	Sæbeholdig Mørtel: Styrke efter Vandlagring.
» Sæ 5.	» » : » » Syrelagring.
» Sæ 6.	» » : Forholdet $\frac{\text{Styrke efter Syrelagring}}{\text{Styrke efter Vandlagring}}$.
» Sæ 7.	Forholdet $\frac{\text{Sæbeholdig Mørtels Styrke}}{\text{Sæbefri Mørtels Styrke}}$ efter Vandlagring.
» Sæ 8.	» » » » Syrelagring.

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 206.

Sæbefri Mørtlers Styrke efter 4 Ugers Vandlagring.

Tabel Sæ 1

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 29V

$\frac{P_c}{P_s}$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler			Vaadstøbte Mørtler		
		Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$	Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$
1 : 2	1F + 6V	83,2	617	13,5	72,9	507	14,4
	7F	78,2	561	13,9	75,4	565	13,3
1 : 3	1F + 6V	68,9	548	12,6	53,8	327	16,5
	7F	65,6	511	12,8	59,9	380	15,8
Middeltal		74,0	559	13,2	65,5	445	15,0

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 22 % stærkere end vaadstøbte. Deres Styrkeoverlegenhed er:

For Bøjningsstyrken alene:	14 %	For Trykstyrken alene:	31 %
1 : 2 alene: 9 %.	1 : 3 alene: 19 %	1 : 2 alene: 11 %.	1 : 3 alene: 51 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene:	10 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene:	35 %
» Lagring 1F + 6V » :	33 %	» Lagring 7F » :	11 %

Det fremgaar af Tallene, at Tørstøbningens Overlegenhed især er fremtrædende ved cementfattige Mørtler, og naar den primære Lagring er foregaaet i Vand.

Sæbefri Mørtlers Styrke efter 4 Ugers Syrelagring.

Tabel Sæ 2

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 28S

$\frac{P_c}{P_s}$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler			Vaadstøbte Mørtler		
		Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$	Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$
1 : 2	1F + 6V	79,8	563	14,2	64,6	406	15,9
	7F	79,1	535	14,8	65,3	402	16,3
1 : 3	1F + 6V	61,5	417	14,7	48,1	258	18,6
	7F	62,2	431	14,4	51,4	316	16,3
Middeltal		70,7	487	14,5	57,4	346	16,8

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 33 % stærkere end vaadstøbte. Deres Styrkeoverlegenhed er:

For Bøjningsstyrken alene:	24 %	For Trykstyrken alene:	42 %
1 : 2 alene: 23 %.	1 : 3 alene: 25 %	1 : 2 alene: 36 %.	1 : 3 alene: 49 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene:	29 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene:	36 %
» Lagring 1F + 6V » :	38 %	» Lagring 7F » :	28 %

TABEL Sæ 3
Sæbefri

Forholdet $\frac{\text{Sæbefri Mørtlers Styrke efter Syrelagring}}{\text{Sæbefri Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}$

Tabel Sæ 3

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + $\begin{cases} 28S \\ 28V \end{cases}$

Syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers.

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middel-tal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	96	91	89	80	89
	7F	101	95	87	71	89
1 : 3	1F + 6V	89	76	89	79	83
	7F	95	84	86	83	87
Middeltal		95	87	88	78	87

Sæbefri Mørtlers Styrke efter 4 Ugers Syrelagring er gennemsnitlig 87 % af Styrken efter 4 Ugers Vandlagring. Det tilsvarende Tal er:

For tørstøbte alene: 91 %	For vaadstøbte alene: 83 %
» Bøjningsstyrken » : 92 »	» Trykstyrken » : 82 »
» Mørtlerne 1 : 2 » : 89 »	» Mørtlerne 1 : 3 » : 85 »
» Lagring 1F + 6V » : 86 »	» Lagring 7F » : 88 »

TABEL Sæ 4-5
Sæbeholdig

Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter 4 Ugers Vandlagring.

Tabel Sæ 4

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 29V

$\frac{P_c}{P_s}$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler			Vaadstøbte Mørtler		
		Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$	Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$
1 : 2	1F + 6V	67,1	520	12,9	42,2	171	24,7
	7F	75,6	512	14,8	44,4	175	25,4
1 : 3	1F + 6V	61,6	412	14,9	34,8	108	32,2
	7F	69,1	400	17,3	41,5	126	32,9
Middeltal		68,4	461	15,0	40,7	145	28,8

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 146 % stærkere end vaadstøbte.

Deres Styrkeoverlegenhed er:

For Bøjningsstyrken alene: 68 %	For Trykstyrken alene: 224 %
1 : 2 alene: 64 %	1 : 3 alene: 72 %
1 : 2 alene: 199 %	1 : 3 alene: 249 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene: 131 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene: 161 %
» Lagring 1F + 6V » : 155 %	» Lagring 7F » : 137 %

Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter 4 Ugers Syrelagring.

Tabel Sæ 5

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 28S

$\frac{P_c}{P_s}$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler			Vaadstøbte Mørtler		
		Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$	Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$
1 : 2	1F + 6V	64,5	471	13,7	39,6	148	26,8
	7F	66,0	462	14,3	46,8	166	28,2
1 : 3	1F + 6V	58,2	320	18,2	35,3	90	39,5
	7F	61,6	330	18,7	38,1	107	35,6
Middeltal		62,6	396	16,2	40,0	128	32,5

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 136 % stærkere end vaadstøbte.

Deres Styrkeoverlegenhed er:

For Bøjningsstyrken alene: 58 %	For Trykstyrken alene: 215 %
1 : 2 alene: 52 %	1 : 3 alene: 64 %
1 : 2 alene: 198 %	1 : 3 alene: 232 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene: 125 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene: 148 %
» Lagring 1F + 6V » : 150 %	» Lagring 7F » : 122 %

TABEL Sæ 6
Sæbeholdig

Forholdet **Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter Syrelagring.**
Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter Vandlagring

Tabel Sæ 6 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + $\begin{matrix} 28S \\ 28V \end{matrix}$
Syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	(1,00) 96	(1,00) 91	(1,06) 94	(1,09) 87	92
	7F	(0,86) 87	(0,95) 90	(1,21) 105	(1,34) 95	94
1 : 3	1F + 6V	(1,06) 94	(1,03) 78	(1,13) 101	(1,05) 83	89
	7F	(0,94) 89	(0,88) 82	(1,07) 92	(1,02) 85	87
Middeltal		(0,97) 92	(0,97) 85	(1,12) 98	(1,12) 88	91

Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter 4 Ugers Syrelagring er gennemsnitlig 91 % af Styrken efter 4 Ugers Vandlagring. Det tilsvarende Tal er:

For tørstøbte alene: 88 %	For vaadstøbte alene: 93 %
> Bøjningsstyrken > : 95 >	> Trykstyrken > : 86 >
> Mørtlerne 1 : 2 > : 93 >	> Mørtlerne 1 : 3 > : 88 >
> Lagring 1F + 6V > : 91 >	> Lagring 7F > : 91 >

I Parentes er indført Forholdet mellem Tabellens Tal og de tilsvarende for sæbefri Mørtler (Tabel Sæ 3).

Bedømt ved Styrkeforholdet mellem syrelagrede og vandlagrede Mørtler er Syrefastheden kun forbedret nævneværdigt for de vaadstøbte Mørtler. For de tørstøbte Mørtler med primær Lagring 7F er Syrefastheden forringet.

Forholdet **Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter Vandlagring.**
Sæbefri Mørtlers Styrke efter Vandlagring

Tabel Sæ 7 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 29V
Sæbeholdige vandlagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende sæbefri Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	81	84	58	34	64
	7F	87	91	59	31	67
1 : 3	1F + 6V	89	75	65	33	66
	7F	105	78	69	33	71
Middeltal		91	82	63	33	67

Sæbeholdige Mørtler er 33 % svagere end sæbefri. Underlegenheden er:

For tørstøbte alene: 14 %	For vaadstøbte alene: 52 %
1 : 2 alene: 14 %	1 : 2 alene: 54 %
1 : 3 alene: 13 %	1 : 3 alene: 50 %
For Bøjningsstyrken alene: 23 %	For Trykstyrken alene: 43 %
> Mørtlerne 1 : 2 > : 34 %	> Mørtlerne 1 : 3 > : 32 %
> Lagring 1F + 6V > : 35 %	> Lagring 7F > : 31 %

Forholdet **Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter Syrelagring.**
Sæbefri Mørtlers Styrke efter Syrelagring

Tabel Sæ 8 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 28S
Sæbeholdige syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende sæbefri Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	(1,00) 81	(1,00) 84	(1,05) 61	(1,06) 36	66
	7F	(0,96) 83	(0,95) 86	(1,22) 72	(1,32) 41	71
1 : 3	1F + 6V	(1,07) 95	(1,03) 77	(1,12) 73	(1,06) 35	70
	7F	(0,94) 99	(0,99) 77	(1,07) 74	(1,03) 34	71
Middeltal		(0,97) 90	(0,97) 81	(1,12) 70	(1,12) 37	70

Sæbeholdige Mørtler er 30 % svagere end sæbefri. Underlegenheden er:

For tørstøbte alene: 15 %	For vaadstøbte alene: 47 %
Lagring 1F + 6V: 16 %	Lagring 1F + 6V: 49 %
Lagring 7F: 14 %	Lagring 7F: 45 %
For Bøjningsstyrken alene: 20 %	For Trykstyrken alene: 41 %
Tørstøbning: 10 %	Tørstøbning: 19 %
Vaadstøbning: 30 %	Vaadstøbning: 63 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene: 32 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene: 30 %
Tørstøbning: 16 %	Tørstøbning: 13 %
Vaadstøbning: 43 %	Vaadstøbning: 46 %
For Lagring 1F + 6V alene: 32 %	For Lagring 7F alene: 29 %

I Parentes er indført Forholdet mellem Tabellens Tal og de tilsvarende for vandlagrede Mørtler (Tabel Sæ 7).

Bedømt ved Styrkeforholdet mellem sæbeholdige og sæbefri Mørtler er Syrefastheden kun forbedret nævneværdigt for de vaadstøbte Mørtler. For de tørstøbte Mørtler med primær Lagring 7F er Syrefastheden forringet.

c. FORSØG MED

KONSTANT FORHOLD $\frac{\text{VÆGTMÆNGDE CEMENT}}{\text{VÆGTMÆNGDE SÆBE}}$

α. FORSØGENES UDFØRELSE.

Disse Forsøg afveg kun fra de foregaaende (Side 193) paa følgende Punkter.

Støbevandsmængderne udtrykt i % af Tørstoffernes Vægt er indført i Tabel 32.

TABEL 32.

	Blfh.	Alm. Vand	Sæbevand
Tørstøbte Stænger	1 : 2	8,6 %	9,0 %
	1 : 3	8,4 »	7,9 »
Vaadstøbte Stænger	1 : 2	13,2 %	14,7 %
	1 : 3	13,0 »	13,3 »

Sæbeholdighed: Sæbevandet havde forskellig Styrke for hver af de 4 Mørtler i Tabel 32, saaledes at de alle kom til at indeholde en Sæbemængde svarende til 2,7 % af Cementens Vægt.

Lagringsmaaden afveg fra de foregaaende Forsøg, ved at Syren var væsentlig stærkere, nemlig $\frac{3}{10}$ normal Mælkesyre, og ved at Lagrings-tiden i Syre (henholdsvis Vand) var 28 Døgn længere.

β. FORSØGENES RESULTATER.

De fundne Styrketal og de af disse dragne Slutninger findes i og under efterfølgende Tabeller.

Tabel Sæ 9. Sæbefri Mørtel: Styrke efter Vandlagring.

- » Sæ 10. » » : » » Syrelagring.
- » Sæ 11. » » : Forholdet $\frac{\text{Styrke efter Syrelagring}}{\text{Styrke efter Vandlagring}}$.
- » Sæ 12. Sæbeholdig Mørtel: Styrke efter Vandlagring.
- » Sæ 13. » » : » » Syrelagring.
- » Sæ 14. » » : Forholdet $\frac{\text{Styrke efter Syrelagring}}{\text{Styrke efter Vandlagring}}$.
- » Sæ 15. Forholdet $\frac{\text{Sæbeholdig Mørtels Styrke}}{\text{Sæbefri Mørtels Styrke}}$ efter Vandlagring.
- » Sæ 16. » » » » Syrelagring.

En Oversigt over Forsøgsresultaterne findes Side 206.

Sæbefri Mørtlers Styrke efter 8 Ugers Vandlagring.

Tabel Sæ 9

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 57V

$\frac{P_c}{P_s}$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler			Vaadstøbte Mørtler		
		Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$	Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$
1 : 2	1F + 6V	82,7	692	12,0	65,5	557	11,8
	7F	82,7	672	12,3	71,6	534	13,4
1 : 3	1F + 6V	77,9	577	13,5	59,8	362	16,5
	7F	73,4	552	13,3	64,3	404	15,9
Middeltal		79,2	623	12,8	65,3	464	14,4

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 29% stærkere end vaadstøbte. Deres Styrke-overlegenhed er:

For Bøjningsstyrken alene:	21 %	For Trykstyrken alene:	37 %
1 : 2 alene: 20 %.	1 : 3 alene: 22 %	1 : 2 alene: 25 %.	1 : 3 alene: 48 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene:	23 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene:	35 %
» Lagring 1F + 6V » :	35 %	» Lagring 7F » :	23 %

Sæbefri Mørtlers Styrke efter 8 Ugers Syrelagring.

Tabel Sæ 10

Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 56S

$\frac{P_c}{P_s}$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler			Vaadstøbte Mørtler		
		Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$	Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$
1 : 2	1F + 6V	53,1	223	23,8	45,5	169	26,9
	7F	56,4	239	23,6	45,0	186	23,8
1 : 3	1F + 6V	48,8	191	25,6	33,2	105	31,6
	7F	47,5	151	31,5	31,3	108	29,0
Middeltal		51,5	201	26,1	38,8	142	27,8

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 40% stærkere end vaadstøbte. Deres Styrke-overlegenhed er:

For Bøjningsstyrken alene:	35 %	For Trykstyrken alene:	45 %
1 : 2 alene: 21 %.	1 : 3 alene: 49 %	1 : 2 alene: 30 %.	1 : 3 alene: 61 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene:	25 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene:	55 %
» Lagring 1F + 6V » :	45 %	» Lagring 7F » :	36 %

TABEL Sæ 11
Sæbefri

Forholdet $\frac{\text{Sæbefri Mørtlers Styrke efter Syrelagring}}{\text{Sæbefri Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}$

Tabel Sæ 11 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + $\frac{56S}{56V}$
Syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers.

$P_c : P_s$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	64	32	70	30	49
	7F	68	36	63	35	51
1 : 3	1F + 6V	63	33	56	29	45
	7F	65	27	49	27	42
Middeltal		65	32	60	30	47

Sæbefri Mørtlers Styrke efter 8 Ugers Syrelagring er gennemsnitlig 47 % af Styrken efter 8 Ugers Vandlagring. Det tilsvarende Tal er:

For tørstøbte alene: 49 %	For vaadstøbte alene: 45 %
> Bøjningsstyrken > : 62 >	> Trykstyrken > : 31 >
> Mørtlerne 1 : 2 > : 50 >	> Mørtlerne 1 : 3 > : 44 >
> Lagring 1F + 6V > : 47 >	> Lagring 7F > : 46 >

TABEL Sæ 12-13
Sæbeholdig

Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter 8 Ugers Vandlagring.

Tabel Sæ 13 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 57V

$\frac{P_c}{P_s}$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler			Vaadstøbte Mørtler		
		Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$	Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$
1 : 2	1F + 6V	76,6	507	15,1	54,7	273	20,0
	7F	77,3	466	16,6	60,2	279	21,6
1 : 3	1F + 6V	67,0	380	17,6	46,7	176	26,6
	7F	68,7	381	18,0	51,9	197	26,3
Middeltal		72,4	434	16,8	53,4	231	23,6

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 63 % stærkere end vaadstøbte.

Deres Styrkeoverlegenhed er:

For Bøjningsstyrken alene: 36 %	For Trykstyrken alene: 90 %
1 : 2 alene: 34 %	1 : 2 alene: 76 %
1 : 3 alene: 38 %	1 : 3 alene: 104 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene: 55 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene: 71 %
> Lagring 1F + 6V > : 71 %	> Lagring 7F > : 55 %

Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter 8 Ugers Syrelagring.

Tabel Sæ 13 Lagringsmaade: Primær Lagring 28L + 1V + 56S

$\frac{P_c}{P_s}$	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler			Vaadstøbte Mørtler		
		Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$	Bøjning at	Tryk at	$100 \cdot \frac{S_b}{S_c}$
1 : 2	1F + 6V	43,8	173	25,3	43,7	119	36,7
	7F	49,9	196	25,5	47,1	128	36,8
1 : 3	1F + 6V	38,1	133	28,7	22,3	58	38,5
	7F	35,6	122	29,2	24,8	63	39,4
Middeltal		41,9	156	27,2	34,5	92	37,9

Tørstøbte Mørtler er gennemsnitlig 55 % stærkere end vaadstøbte.

Deres Styrkeoverlegenhed er:

For Bøjningsstyrken alene: 30 %	For Trykstyrken alene: 80 %
1 : 2 alene: 3 %	1 : 2 alene: 49 %
1 : 3 alene: 57 %	1 : 3 alene: 111 %
For Mørtlerne 1 : 2 alene: 26 %	For Mørtlerne 1 : 3 alene: 84 %
> Lagring 1F + 6V > : 61 %	> Lagring 7F > : 49 %

TABEL Sæ 14
Sæbeholdig

Forholdet $\frac{\text{Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter Syrelagring}}{\text{Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}$

Tabel Sæ 14 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + $\begin{cases} 56 S \\ 56 V \end{cases}$
Syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende vandlagrede Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	(0,89) 57	(1,06) 34	(1,14) 80	(1,47) 44	54
	7F	(0,96) 65	(1,17) 42	(1,24) 78	(1,31) 46	58
1 : 3	1F + 6V	(0,91) 57	(1,06) 35	(0,86) 48	(1,14) 33	43
	7F	(0,80) 52	(1,18) 32	(0,98) 48	(1,18) 32	41
Middeltal		(0,89) 58	(1,12) 36	(1,06) 64	(1,28) 39	49

Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter 8 Ugers Syrelagring er gennemsnitlig 49 % af Styrken efter 8 Ugers Vandlagring. Det tilsvarende Tal er:

For tørstøbte alene: 47 %	For vaadstøbte alene: 51 %
» Bøjningsstyrken » : 61 »	» Trykstyrken » : 37 »
» Mørtlerne 1 : 2 » : 56 »	» Mørtlerne 1 : 3 » : 42 »
» Lagring 1F + 6V » : 49 »	» Lagring 7F » : 49 »

I Parentes er indført Forholdet mellem Tabellens Tal og de tilsvarende for sæbefri Mørtler (Tabel Sæ 11).

Bedomt ved Bøjningsstyrkeforholdet mellem syrelagrede og vandlagrede Mørtler er Syrefastheden kun forbedret for de vaadstøbte Mørtler 1 : 2. For de øvrige Mørtler er den forringet.

Forholdet $\frac{\text{Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}{\text{Sæbefri Mørtlers Styrke efter Vandlagring}}$

Tabel Sæ 15 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 57V
Sæbeholdige vandlagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende sæbefri Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	93	73	84	49	75
	7F	93	69	84	52	75
1 : 3	1F + 6V	85	66	78	49	70
	7F	94	69	81	49	73
Middeltal		91	69	82	50	73

Sæbeholdige Mørtler er 27 % svagere end sæbefri. Underlegenheden er:
 For tørstøbte alene: 20 % For vaadstøbte alene: 34 %
 1 : 2 alene: 18 % 1 : 3 alene: 22 % 1 : 2 alene: 33 % 1 : 3 alene: 36 %
 For Bøjningsstyrken alene: 14 % For Trykstyrken alene: 40 %
 » Mørtlerne 1 : 2 » : 25 % » Mørtlerne 1 : 3 » : 29 %
 » Lagring 1F + 6V » : 28 % » Lagring 7F » : 26 %

Forholdet $\frac{\text{Sæbeholdige Mørtlers Styrke efter Syrelagring}}{\text{Sæbefri Mørtlers Styrke efter Syrelagring}}$

Tabel Sæ 16 Lagringsmaade: Primær Lagring + 28L + 1V + 56S
Sæbeholdige syrelagrede Mørtlers Styrke i % af tilsvarende sæbefri Mørtlers.

P _c : P _s	Primær Lagring	Tørstøbte Mørtler		Vaadstøbte Mørtler		Middeltal
		Bøjning %	Tryk %	Bøjning %	Tryk %	
1 : 2	1F + 6V	(0,88) 82	(1,07) 78	(1,14) 96	(1,43) 70	82
	7F	(0,96) 89	(1,19) 82	(1,25) 105	(1,33) 69	86
1 : 3	1F + 6V	(0,92) 78	(1,06) 70	(0,86) 67	(1,12) 55	68
	7F	(0,80) 75	(1,17) 81	(0,93) 79	(1,18) 58	73
Middeltal		(0,89) 81	(1,12) 78	(1,06) 87	(1,27) 63	77

Sæbeholdige Mørtler er 23 % svagere end sæbefri. Underlegenheden er:
 For tørstøbte alene: 21 % For vaadstøbte alene: 25 %
 Lagr. 1F + 6V: 23 % Lagr. 7F: 18 % Lagr. 1F + 6V: 28 % Lagr. 7F: 22 %
 For Bøjningsstyrken alene: 16 % For Trykstyrken alene: 30 %
 Tørstøbn.: 19 % Vaadstøbn.: 13 % Tørstøbn.: 22 % Vaadstøbn.: 37 %
 For Mørtlerne 1 : 2 alene: 16 % For Mørtlerne 1 : 3 alene: 30 %
 Tørstøbn.: 17 % Vaadstøbn.: 15 % Tørstøbn.: 24 % Vaadstøbn.: 35 %
 For Lagring 1F + 6V alene: 26 % For Lagring 7F alene: 20 %

I Parentes er indført Forholdet mellem Tabellens Tal og de tilsvarende for vandlagrede Mørtler (Tabel Sæ 15).

Bedomt ved Bøjningsstyrkeforholdet mellem sæbeholdige og sæbefri Mørtler er Syrefastheden kun forbedret for de vaadstøbte Mørtler 1 : 2. For de øvrige Mørtler er Syrefastheden forringet.

d. OVERSIGT OVER FORSØGSRESULTATERNE.

Hovedresultatet er, at Mørtlernes Imprægnering med Sæbe, der til sættes Støbevandet, ikke har den gunstige Indflydelse paa Mørtlernes Styrke og Syrefasthed, som den har paa deres Vandtæthed.

De vandlagrede Mørtler. Af Konsistens-Bestemmelserne paa Rystebordet fremgik det, at Sæben virker sammenklæbende paa Mørtlernes faste Bestanddele, saaledes at de sæbeholdige vaadstøbte Mørtler maatte gøres vandrigere end de sæbefri, for at Flydeevnen kunde blive ens. Tidspunktet for Slamudtrædningen ved de tørstøbte Mørtlers Sammenhamring paavirkedes derimod lidet af Sæben, og Støbevandsmængden maatte derfor paa det nærmeste holdes ens i de tørstøbte Mørtler uden Hensyn til om de var sæbeholdige eller sæbefri.

Stængernes Brudflader viste umiddelbart efter Bøjningsforsøgene, at Vandet tilsyneladende kun var trængt $\frac{1}{2}$ til 1 mm ind i de sæbeholdige vaadstøbte Stænger, medens de sæbeholdige tørstøbte og alle de sæbefri Stænger var svagt fugtige over hele Tværsnittet.

Styrken viste sig som Følge af Imprægneringen gennemsnitligt forringet 30 $\frac{0}{0}$; for de tørstøbte Mørtler var Forringelsen 17 $\frac{0}{0}$, for de vaadstøbte 43 $\frac{0}{0}$. Arten af den primære Lagring er uden Betydning for Forringelsen. Forringelsen vokser, bortset fra en enkelt Undtagelse, med Væglforholdet mellem Sæbe og Cement. At Forringelsen er særlig stor for de vaadstøbte Mørtler skyldes dog ogsaa, at Sæbetilsætningen, som ovenfor nævnt, nødvendiggjorde et større Vand-Cement-Forhold.

Sæbetilsætningen forringede Bøjningsstyrken 19 $\frac{0}{0}$ og Trykstyrken 42 $\frac{0}{0}$. Denne Forskel skyldes maaske, at Sæben hæmmer Vandets Adgang til Cementen, thi Vandmangel nedsætter i højere Grad Trykstyrken end Trækstyrken. Trykstyrkeforringelsen er særlig stor for de vaadstøbte Mørtler, hvilket stemmer med, at deres Kærne fandtes tør ved Styrkeprøvningen. Iøvrigt er det et almindeligt Fænomen, at de Faktorer, der nedsætter Mørtlernes Styrke, har stærkest Indflydelse paa Trykstyrken.

De syrelagrede Mørtler. Sæbetilsætningen svækker som nys nævnt overordentlig stærkt, og denne Svækkelse neutraliseres ikke af en stærkt forøget Syrefasthed. Sæbestængernes Styrkeunderlegenhed var ved Vandlagring gennemsnitlig 30 $\frac{0}{0}$ og ved Syrelagring gennemsnitlig 27 $\frac{0}{0}$, altsaa ikke meget mindre. Tages de tørstøbte og de vaadstøbte Stænger hver for sig, og bedømmes Syrefastheden alene ved Bøjningsstyrken, hvilket er naturligt, naar det drejer sig om Rør, ses følgende (Tabel Sæ 6, 8, 14, 16):

Er Mørtlen tørstøbt, er Sæben enten uden Indflydelse, eller ogsaa virker den forringende paa Syrefastheden.

Er Mørtlen vaadstøbt, virker Sæben i alle Tilfælde forøgende paa Syrefastheden af den fedeste Mørtel, men dog saa lidt i Forhold til den foran omtalte Svækkelse, at Sæbe ikke kan komme i Betragtning som Middel mod Syreangreb.

Brudfladernes Tørhedsgrad var tilsyneladende den samme for de syrelagrede Mørtler som for de vandlagrede, altsaa den ovenfor beskrevne; dog var Syren trængt $\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ mm ind i de sæbeholdige, vaadstøbte Stænger, altsaa noget længere ind end Vandet.

Naar Sæben kan forøge Syrefastheden, skyldes det formentlig, at den gør Porevæggene vædskesyende.

At den gavnlige Virkning kun er udpræget hos de fedeste, vaadstøbte Mørtler skyldes rimeligvis, at kun disses Porer har været tilstrækkelig fine, medens Porerne i de øvrige Mørtler har været saa grove, at Væggenes Beskaffenhed har været uden Betydning for Syrens Indtrængen.

VI. FEJLKILDER VED VANDTÆTHEDS-
FORSØG MED RØRFORMEDE
PRØVELEGEMER.

A. Mulige Aarsager til Strømstyrkens Variationer under konstant Tryk.

Ved de tidligere i »Cementrørs Vandtæthed« offentliggjorte Vandtæthedsforsøg viste der sig ofte gaadefulde Variationer i Styrken af den Vandstrøm, der passerede gennem Forsøgsrørens Vægge.

Undertiden varierede Strømstyrken rytmisk i Løbet af Døgnet, undertiden indtraadte der i Løbet af længere Perioder meget betydelige Op- og Nedgange.

I de siden Offentliggørelsen forløbne Aar er der anstillet forskellige nye Forsøg, der har løst nogle af Gaaderne, og som kort skal omtales.

Naar et Rør henstaar under et konstant indre Vandtryk, og Strømstyrken ikke desto mindre er svingende, kan dette skyldes een eller flere af nedennævnte Aarsager:

1. Strømstyrken kan mindskes ved:

- a. **Forøgelse af Forsøgsvandets indre Gnidning** som Følge af Temperaturfald (se Side 215).
- b. **Luftudskillelse** i Rørvæggens Porer (se Fig. 39 og 40).
- c. **Filtervirkning**, hvorved Rørvæggens Porer tilstoppes af Stoffer, der tilføres med Forsøgs vandet. Disse Stoffer kan enten være af organisk eller uorganisk Natur. Filtervirkningen vil, hvis Vandet ikke tærer paa Rørvæggen, i Tidens Løb bevirke en fuldstændig Tætning, selv af Rør, der til at begynde med er meget utætte.
- d. **Udfældning af Kalk**, opløst af Vandet eet Sted i Rørvæggen og udfældet et andet Sted, hvor Kalken virker mere stoppende.
- e. **Svulmning af Cementen** (se »Cementrørs Vandtæthed« Side 16).
- f. **Organiske Dannelser** i Rørvæggen eller paa Røroverfladen.
- g. **Omløjring af løse Partikler** i Rørvæggens Porer, hvorved disse tilstoppes.

2. Strømstyrken kan øges ved:

- a. **Formindskelse af Forsøgs vandets indre Gnidning** som Følge af Temperaturstigning (se Side 215).

b. **Luftudrivning** af Rørvæggen, ved at Luftblærer i Porerne enten bortføres med Vandstrømmen eller opløses i Vandet (se »Cementrørs Vandtæthed« Side 16).

c. **Bortskylning** af løse Partikler i Porerne (se Side 223).

d. **Opløsningsprocesser** i Mørtlen (se Side 9).

De nye Forsøg viser, at Strømstyrkens gaadefulde Variationer i Løbet af Døgnet eller i Løbet af længere Perioder navnlig skyldes Variationer i Rørvæggens Luftindhold (1 b og 2 b).

I det følgende omtales under B nogle Forsøg, der viser, hvilken Indflydelse Vandets Luftindhold har, under C nogle Forsøg, der forklarer Aarsagerne til den døgnlige Variation i Strømstyrken, under D nogle Forsøg, ved hvilke man lod Vandet strømme, ikke gennem Cementrørs Vægge, men gennem Glasrør fyldte med Sand for bedre at kunne studere Filtervirkningen og Virkningen af Poreluft, under E nogle Forsøg, hvor et Cementrør ved en særlig Anordning blev udsat for skiftevis indvendigt og udvendigt Tryk, idet man derved kunde undersøge Filtervirkningens Indflydelse.

B. Strømstyrkens Variation paa Grund af varierende Luftindhold i Vandet.

Ved de foreliggende Forsøg anvendtes kulsyreholdigt Vand med varierende Kulsyreindhold, og Strømstyrken maalttes kontinuerlig med en selvregistrerende Vandmaaler. Forsøgsrørene var støbt af Portlandcementmørtel 1 : 1½ med 10 % Vand, eet var luftlagret (Nr. 240) og eet vandlagret (Nr. 241), se iøvrigt Side 41. Rørene prøvedes under 200 cm Tryk i Forsøgsperiode III (se Side 25), og man undersøgte Virkningen af en Standsning og senere en Genoptagelse af Kulsyretilførslen.

Kurverne paa Fig. 39, der gælder for Rør Nr. 240, viser baade ½ og ¼ en pludselig Stigning i Strømstyrken som Følge af Lukning for Kulsyretilførslen og et ligesaa pludseligt Fald som Følge af en Genaabning; den paagældende Bølges Højde udgør 70 % af den normale Strømstyrke.

Kurverne paa Fig. 40, der gælder for Rør Nr. 241, viser ganske tilsvarende Forhold: En Aabning for Kulsyretilførslen medfører en brat Nedgang i Strømstyrke, og en Lukning for Kulsyretilførslen medfører en Strømstyrkestigning, der hyppigst ogsaa sker brat, men undertiden foregaar mere jævnt, se Kurven for ½.

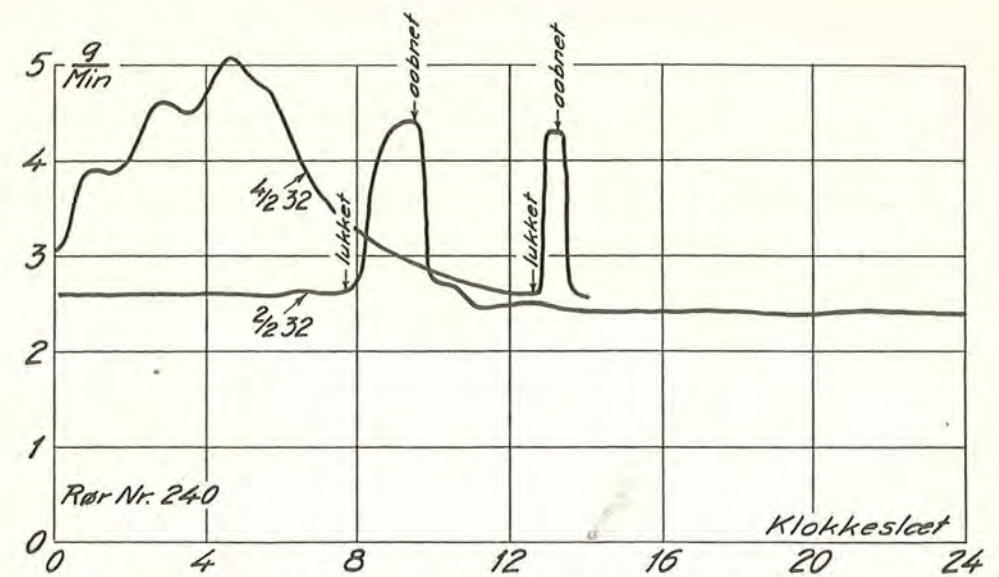


Fig. 39. Strømstyrkekurver visende Strømstyrkens Afhængighed af Vandets Kulsyreindhold.

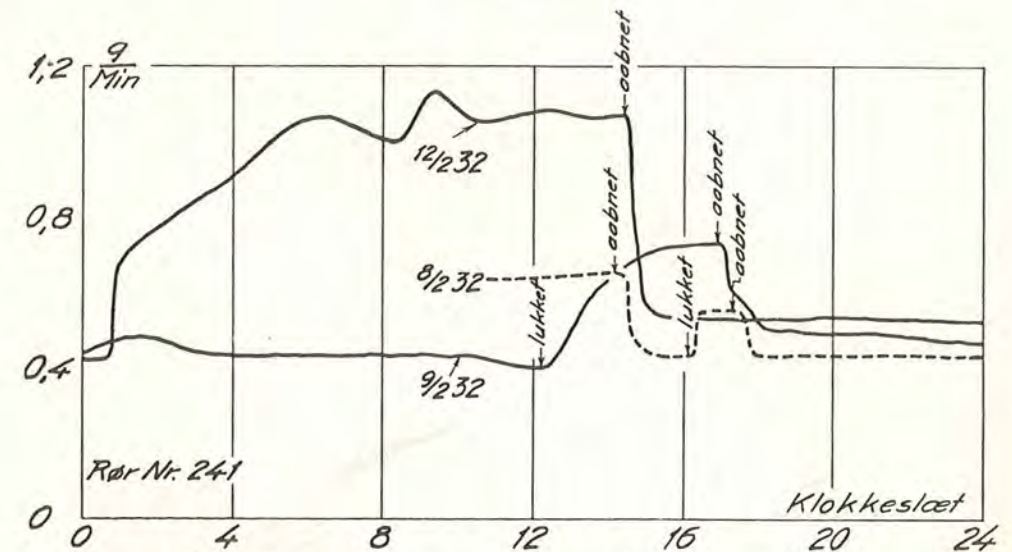


Fig. 40. Strømstyrkekurver visende Strømstyrkens Afhængighed af Vandets Kulsyreindhold.

Forklaringen paa disse Variationer er følgende:

Naar det kulsyremættede Vand strømmer gennem Rørvæggen, vil en Del af Kulsyren p. G. af Trykfaldet og Temperaturstigningen udskille sig som Luftblærer i Porerne og derved indsnævre Gennemstrømnings-

arealet. Hvis man afbryder Kulsyretilførslen, bliver Vandet kulsyre-fattigt og i Stand til at opløse en Del af den udskilte Kulsyre, hvorved Gennemstrømningsarealet forøges, og Strømstyrken stiger. Naar Kulsyretilførslen genoptages, udskilles atter Kulsyreblærer, og Strømstyrken falder. Virkningen viste sig først 5—10 Minutter efter, at der blev lukket eller aabnet for Kulsyren, en Følge af at Vandet har været saa lang Tid om at naa fra Kulsyreapparatet til Rørenes Yderside.

Naar Kulsyreflasken løb tom, var Virkningen naturligvis ogsaa, at Strømstyrken steg. Den paa Fig. 40 med $1\frac{1}{2}$ mærkede Kurve viser dette. At Flasken var tømt, blev først konstateret Kl. $10\frac{1}{2}$ den paa-gældende Dag, men Kurven viser tydeligt, at Tomheden er indtraadt Kl. 1 om Natten. At Strømstyrken i dette Tilfælde er steget saa meget højere, end naar der lukkedes for Kulsyren om Dagen, skyldes rimeligvis, at der samtidig har gjort sig en anden Virkning gældende (jfr. Afsnit C).

Hvorvidt den høje Bølge paa Kurven for $\frac{1}{2}$ (Fig. 39) skyldes en tilfældig Variation i Kulsyretilførslen eller andre Grunde, kan ikke siges.

Ved de ovenfor beskrevne Forsøg maales Forsøgsvandets Temperatur paa tre forskellige Steder: I Kobberbeholderen (se Fig. 9 Side 24), i Rør Nr. 241 samt paa Ydersiden af Rør Nr. 241. Vandets Temperaturstigning fra Kobberbeholderen til det indre af Rør Nr. 241 udgjorde ca. 1° og Stigningen fra Rørvæggens Inderside til dens Yderside ca. $1,8^{\circ}$.

Naar Kulsyretilførslen blev afbrudt, faldt Vandtemperaturen de nævnte tre Steder $0,1—0,4^{\circ}$ C, og naar Kulsyretilførslen genoptoges, steg Vandtemperaturen $0,2—0,5^{\circ}$ C; dette skyldes, dels at der frigøres Varme, naar Kulsyre opløses i Vand, dels at den tilførte Kulsyre var varmere end Vandet.

Anm. I »Cementrørs Vandtæthed« Side 64 er omtalt Forsøg med et Cementrør (1 : 4 med $8\frac{0}{10}$ Vand, lagret 1F + 27V + 245L), der blev prøvet med kulsyreholdigt Vand under 200 cm Tryk; ved dette Forsøg fandtes der ligeledes stærke Svingninger i Strømstyrken. I Mod-sætning til, hvad man fandt ovenfor (Fig. 39 og 40), indtraf der en Stigning i Strømstyrken, naar Kulsyretilførslen var stærk, og et Fald i Strømstyrken, naar Kulsyretilførslen var svag. Dette forklaredes ved en Vekselvirkning mellem Kulsyrevandets opløsende Virkning og Slimbakteriers tættende Virkning. At man ikke iagttog Variationer i Strømstyrken som Følge af Rørvæggens varierende Luftindhold skyldes maaske, at Variationer af denne Art paa Grund af det anvendte Rørs store Utæthed ($Q_{\text{maks}} = 110$ g/Min mod 5 g/Min for det utætteste af de ovenfor anvendte Rør) har været ubetydelige i Sammenligning med Variationer som Følge af Kulsyrevandets opløsende Virkning. Luften i Rørvæggen vil nemlig langt lettere blive uddrevet, og Kulsyrevandets opløsende Virkning vil gøre sig betydelig hurtigere gældende, naar Røret er mere porøst.

C. Strømstyrkens Variation i Løbet af Døgnet.

I »Cementrørs Vandtæthed« Side 34 er omtalt Forsøg, der viste, at Strømstyrken var større om Dagen end om Natten paa Grund af Vandets højere Temperatur om Dagen. Forsøgs vandet tilførtes fra en Mariotteflaske, som blev fyldt med flere Dages Mellemrum, saaledes at Variationen i Strømstyrken maa antages alene at være forårsaget af Variationen i Vandets Gnidningstal som Følge af Temperaturvariationen i Døgnet Løb.

Ved det nedenfor beskrevne Forsøg viste det sig ligeledes, at Strømstyrken var underkastet en stærk døgnlig Variation. Forsøgs vandet tilførtes denne Gang direkte fra Vandværksledningen, og som nedenfor vist kan Strømstyrkevariationen ikke forklares alene ved Variationen i Forsøgs vandets Gnidningstal; den maa i Hovedsagen antages at skyldes Forøgelse og Formindskelse af den Mængde Luftblærer, som findes i Rørvæggens Porer.

Forsøget foretoges i Løbet af nogle Maaneder, i hvilke man maalte den øjeblikkelige Strømstyrke flere Gange i Døgnet for to ens Cementrør, støbte i Rørstøbmaskinen (Fig. 2) af Portlandcement og Sand som beskrevet Side 16.

Vægtforholdet mellem Cement og Sand:	$P_c : P_s = 1 : 10$
Støbevandsmængden:	$100 P_v : (P_c + P_s) = 8$
Vand-Cement-Forholdet:	$P_v : P_c = 0,88$
Stampemaaden:	7 Ifyldninger med samme Antal Stamp ved hver.
Lagringsmaade før Prøvningen:	28F + 619L

Rørene blev prøvede med Vandværksvand (uden tilsat Kulsyre) under 50 cm Tryk.

Strømstyrken viste sig hver enkelt Dag mere eller mindre stærkt af-tagende fra om Morgenen til ud paa Eftermiddagen, hvorefter den atter steg indtil næste Morgen.

Fig. 41 viser øverst Strømstyrkens Variation i Løbet af to paa hin-anden følgende Døgn for de to Forsøgsrør. Indenfor samme Døgn kunde Strømstyrken variere i Forholdet 1 til 4.

Strømstyrken maa variere med den Mængde Luft, der findes som Blærer i Rørvæggens Porer, og denne Luftmængde maa variere med det gennemsvivende Vands Indhold af opløst Luft og med den Tempera-turstigning, Vandet gennemgaar under Passagen gennem Rørvæggen.

Hvis der udskilles Luftblærer i Vandet, inden dette har naaet Rør-væggen, vil de næppe blive indført i denne, men undvige gennem Stig-røret. De Luftblærer, der bevirker en Variation i Strømstyrken, er utvivlsomt udskilt i selve Rørvæggen.

Hvis det til Røret strømmende Vand er nær ved at være luftmættet, vil det kunne udskille Luft under Passagen gennem Rørvæggen, saavel paa Grund af Trykfaldet, som paa Grund af Temperaturstigningen.

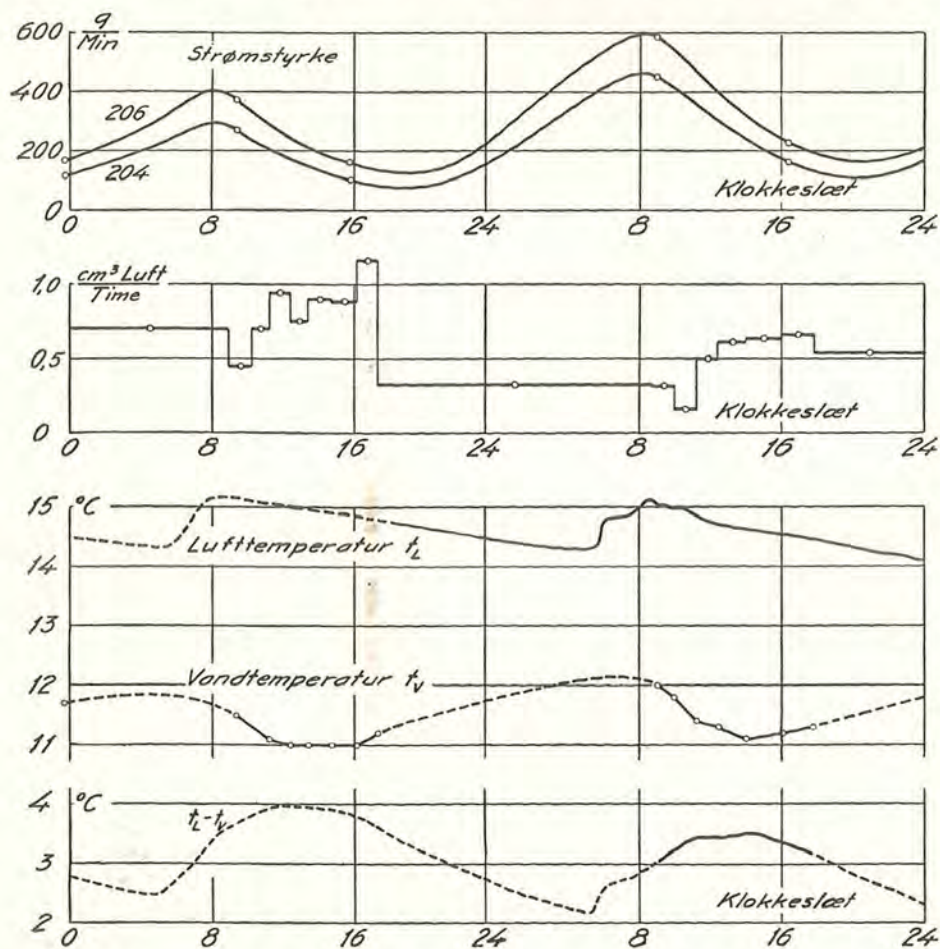


Fig. 41. Strømstyrkens Variation i Døgnet Løb for to Rør 1:10, samt Kurver, der viser Luftudskillelsen og Variationen i Lufttemperatur, Vandtemperatur og Forskellen mellem disse.

Er Vandet derimod luftfattigt, vil det kunne opløse Luft under Passagen.

Vandets Luftindhold bestemtes ikke direkte, men der foretoges et Forsøg, ved hvilket man lod Vandværksvand under ca. 210 cm Tryk strømme gennem et Glasfilter (se Fig. 42) og bestemte den paa Grund af Trykfaldet og Temperaturstigningen udskilte Luftmængde pr. Time. Forsøget strakte sig over flere paa hinanden følgende Dage, og hver

Dag viste Luftudskillelsen pr. Time sig stærkt stigende fra om Morgenen til ud paa Eftermiddagen for derefter at falde igen indtil næste Morgen. Fig. 41 viser Resultatet af Luftudskillelsesmaalingerne paa de samme to Dage, paa hvilke de paa Figuren viste Strømstyrkemaalinger blev udført. Da Luftudskillelsen i Rørvæggen maa antages at følge samme Love som Luftudskillelsen i Glasfiltret, er der næppe Tvivl om, at den viste Strømstyrkevariation overvejende skyldes Variation i Rørvæggens Luftindhold. At denne Variation ikke blot skyldes, at det til Rørene strømmende Vand er mere eller mindre luftmættet Døgnet igennem, men ogsaa at Vandets Temperaturstigning under Passagen gennem Rørvæggen er forskellig i Døgnet forskellige Timer, fremgaar af de nedenfor nævnte Temperaturmaalinger.

Paa Fig. 41 nederst er indtegnet Kurver, der angiver Variationen i Lufttemperaturen, Forsøgs vandets Temperatur samt Forskellen mellem disse to Temperaturer paa de nævnte to Forsøgsdage.

Lufttemperaturen i Nærheden af Rørene maales med en selvregistrerende Thermograf, dog kun for en Del af de to Døgn; den optrukne Del af Kurven er maalt, den punkterede Del er skønnet; Forskellen mellem højeste og laveste Lufttemperatur indenfor samme Døgn var som Regel kun ca. 1° C; Minimum indtraadte Kl. ca. 6 Morgen, Maksimum Kl. ca. 9 Morgen (Værelsets Vinduer vendte mod Nordøst).

Forsøgs vandets Temperatur maales i Tilledningsrørene umiddelbart før dets Indtræden i Forsøgsrørene; som man ser varierede den paa lignende Maade som Strømstyrken. Forskellen mellem den højeste og laveste Vandtemperatur indenfor samme Døgn oversteg sjældent 1° C.

Forskellen mellem Lufttemperaturen og Forsøgs vandets Temperatur ses at variere knapt 2° i Døgnet Løb. Vandets Temperaturstigning under Passagen gennem Rørvæggen har været mindre end denne Forskel, men den maa antages at have varieret paa lignende Maade. Temperaturstigningen har saaledes været særlig stor i den Periode (Kl. ca. 9—20), i hvilken Strømstyrken er aftagende, og særlig lille i den Periode, i hvilken Strømstyrken er stigende.

Naar Vandet er luftmættet ved ca. 12° C og 1 Atm., vil 1° Opvarmning bevirke, at der af 1 Liter Vand udskilles 0,46 cm³ Luft. Er Strømstyrken 250 g/Min, altsaa 0,25 l/Min, bliver Udskillelsen i hele Rørvæggen $0,25 \cdot 0,46 = 0,115 \frac{\text{cm}^3}{\text{Min}}$ eller $6,9 \frac{\text{cm}^3}{\text{Time}}$. Er Rørvæggens

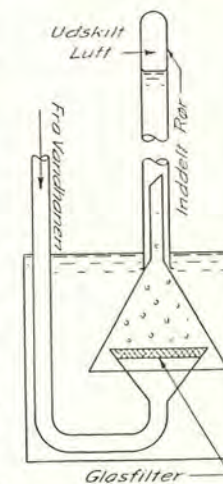


Fig. 42. Forsøgsopstilling til Maaling af udskilt Luft.

Rumfang 113 cm^3 , bliver Luftudskillelsen $6,9 : 113 = 0,061 \frac{\text{cm}^3}{\text{Time}}$ pr. cm^3

Rørvæg; hvis denne Luftmængde er fordelt i Porerne som meget smaa Blærer, der fastholdes i Højdepunkterne af Porer, der er krumme og vender Konkaviteten nedad, kan den selvsagt nedsætte Strømstyrken i betydelig Grad.

At Variationer i Vandets Gnidningstal som Følge af Temperaturvariationer ikke har spillet nogen væsentlig Rolle ved dette Forsøg fremgaar af følgende: Temperaturen i Forsøgsvandet varierede i hele Forsøgstiden mellem ca. 11 og ca. 12° C ; en Opvarmning af Vandet fra 11 til 12° C vil kun formindske dets Gnidningstal med $2,9\%$ og følgelig, da Strømstyrken er omvendt proportional med Gnidningstallet, kun forøge Strømstyrken med $\frac{2,9 \cdot 100}{97,1} = \text{ca. } 3\%$, hvilket er betydningsløst sammenlignet med de fundne Strømstyrkevariationer.

D. Luftuddrivning og Filtevirkning paavist ved Forsøg med sandfyldte Glasrør.

Ved de i »Cementrørs Vandtæthed« offentliggjorte Forsøg viste der sig ofte en Stigning i Strømstyrke ved Forsøgets Begyndelse. Denne Stigning blev forklaret ved Luftuddrivning, idet det Forhold, at det gennem Rørvæggen sivende Vand bortførte de i Porerne siddende Luftblærer. At denne Forklaring er rigtig, bekræftes af det nedenfor beskrevne Forsøg med Sand indesluttet i Glasrør.

Sandets Kornstørrelse var $0,147-0,5 \text{ mm}$. Det var, som vist paa Fig. 43, indesluttet i Glasrør med $1,9 \text{ cm}$ indvendig Diameter; Rørene fyldtes med Sandet og lukkedes for Enderne med Gummipropper. Sandmængdens Rumfang var $25,5 \text{ cm}^3$. Vandet lededes til og fra Sandrøret gennem Glasrør, hvis Ender var omviklede med Lærred, der hindrede Sandets Indtrængen.

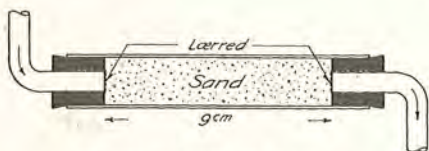


Fig. 43. Sandfyldt Glasrør.

Vandet var københavnsk Vandværksvand. Vandtilførslen skete fra en Mariotteflaske, der kunde anbringes i forskellige Højder over Sandrøret, saaledes at Forsøgene kunde foretages ved forskellige Tryk. Røret blev anbragt med Længdeaksen vandret. Det gennemstrømmende Vand opsamledes i et Kar og vejedes fra Tid til anden.

Til Forsøget anvendtes to Rør, der fyldtes med Sand hvert paa sin Maade. Det ene blev, med den gennemhullede Prop indsat i den nedre

Ende, stillet lodret i et Kar med kogende Vand, medens Sandet langsomt dryssedes ned i det vandfyldte Rør; paa denne Maade blev Sandet luftfrit fra Forsøgets Begyndelse. Det andet Rør blev fyldt med tørt Sand under Rystning.

Det luftfrie Rør udsattes først for 50 cm Vandtryk i 2 Timer og umiddelbart efter for 200 cm Vandtryk i 2 Timer. I begge Tilfælde holdt Strømstyrken sig paa det nærmeste konstant (se Fig. 44).

Det med tørt Sand fyldte Rør udsattes først for 50 cm Vandtryk i 27 Timer, hvorefter nærmere nedenfor. Da Trykket derefter øgedes til

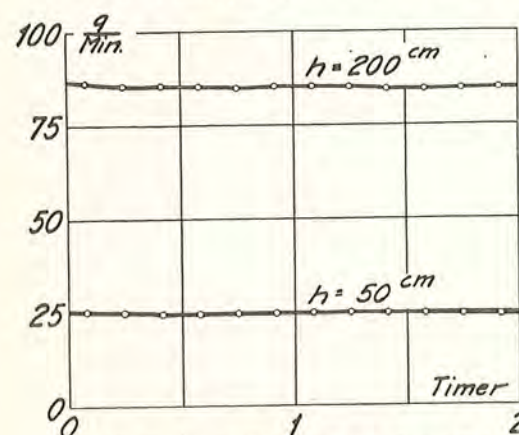


Fig. 44. Strømstyrkekurver for et sandfyldt Glasrør. Sandet luftfrit ved Forsøgets Begyndelse.

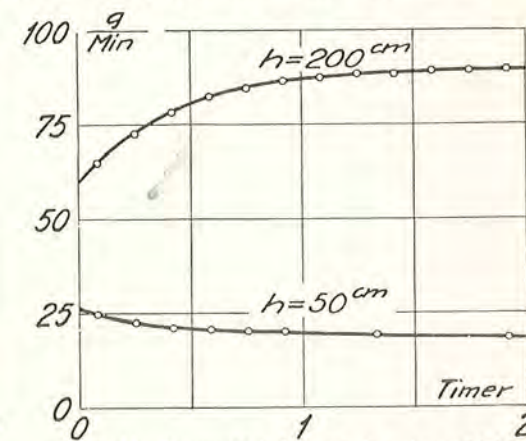


Fig. 45. Strømstyrkekurver for et sandfyldt Glasrør. Sandet luftholdigt ved Forsøgets Begyndelse.

200 cm , fremkom den fra Forsøgene med Cementrør saa velkendte Kurve (se Fig. 45), og her kunde man direkte se, at Kurve-Formen skyldtes Luftuddrivning, thi saasnart Trykket sattes op paa de 200 cm , begyndte der at samle sig Luft ved Bøjningen i Udløbsrøret.

At Q_{50} for dette Rør var faldende maa forklares paa følgende Maade:

Inden Forsøget er Mellemrummene mellem Sandskornene udfyldt af Luft. Naar Røret sættes under 50 cm Vandtryk, uddrives straks en Del af Luften for at give Plads for en tilsvarende Vandmængde, medens den resterende Luftmængde ikke uddrives ved det lave Tryk. Denne Luftmængde findes til at begynde med som Blærer fordelt mellem Sandskornene, men paa Grund af Opdriften vil disse Blærer efterhaanden stige til Vejrs og samles foroven i Røret. Samtidig vil Sandet lejre sig tættere, og Strømstyrken vil aftage.

I den følgende Tid stod begge Rør under 200 cm Tryk, og der skete en ret stærk Tætning. Det luftfrie Rør havde 11 Døgn efter Forsøgets Begyndelse en Strømstyrke paa $49,7 \text{ g/Min}$; det andet Rør havde 9 Døgn efter Forsøgets Begyndelse en Strømstyrke paa $41,2 \text{ g/Min}$ og var

saaledes det af Rørene, der tættede sig hurtigst. Den indtraadte Tætning skyldtes sikkert for begge Rør Filtrervirkning; Sandet i det sidst omtalte Rør undersøgtes efter Forsøgets Afbrydelse; ved Indløbsenden var Sandet blandet med frafiltreret Materiale, der i Mikroskopet viste sig som en traadet Masse. En Del af det frafiltrerede Materiale havde en rød Farve. For at undersøge, om den røde Farve skyldtes Jærnforbindelser, prøvedes det frafiltrerede Materiale med Kaliumferrocy-anid; der fremkom ikke Berlinerblaat, hvilket tyder paa, at der ikke har været Jærnforbindelser til Stede. Farven skyldes maaske Partikler, der har løsnet sig fra de røde Gummislanger, der ledte Vandet til Røret.

E. Filtrervirkning paavist ved Forsøg med Cementrør udsat skiftevis for indvendigt og for udvendigt Vandtryk.

Til direkte Paavisning af Filtrervirkningens store Betydning som Tætningsfaktor foretoges Forsøg med et Rør, der skiftevis kunde udsættes for Tryk fra Indersiden og fra Ydersiden. Forsøgsopstillingen var den i Fig. 46 viste, ved hvilken Vandets normale Løb var fra A over B til C, mens Afløbsvandet løb ud ved D. Ved at lukke og aabne de paagældende Haner kunde man ændre Vandets Vej til A, D, C, mens Afløbsvandet løb ud ved B. Forsøgsopstillingen tillod en nøjagtig Regulering af Trykhøjden i begge Tilfælde.

Forsøgsrøret (Nr. 202) fremstilledes i Blfh. 1:10 som de Side 215 omtalte Rør. Lagringsmaade før Prøvningen: 28F + 52L.

Røret udsattes først i 9 Døgn for indvendigt Tryk, og til at begynde med var dette 50 cm. Fig. 47 viser Strømstyrkens Variation i de første 2 Timer (¹⁴/₁₁ 29). Strømstyrken steg i den første halve Time hurtigt paa Grund af Luftuddrivning, senere langsomt, holdt sig derefter konstant i flere Timer, hvorefter den begyndte at aftage. Næste Morgen var Q_{50} faldet til 814 g/Min, og der blev nu og i de følgende Dage foretaget flere Trykvariationsforsøg, ved hvilke Strømstyrken maales ved Trykkene 50, 100, 150, 200, 150, 100 og 50 cm. Ved det første Forsøg af denne Art (¹⁵/₁₁ 29)

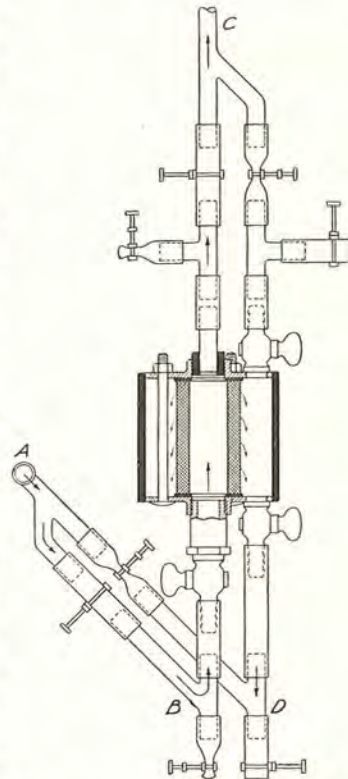


Fig. 46. Forsøgsopstilling til skiftevis indvendigt og udvendigt Tryk.

fundtes $Q_{200} = 2900$ g/Min, ved det sidste (²¹/₁₁ 29) kun 1140 g/Min, se iøvrigt Side 222. I Resten af Forsøgstiden stod Røret under 200 cm Tryk (naar undtages nogle Timer ⁸/₇ 31).

I Tabel 33 er indført de Perioder, angivet i Døgn, i hvilke Strømretningen ikke ændredes, samt Værdierne af Strømstyrken (Q_{200}) ved Begyndelsen og ved Slutningen af hver Periode. Desuden er indført det Antal Skiftninger af Strømretningen, der blev foretaget, samt den derved fremkaldte Stigning i Strømstyrken (Q_{200}). I de Perioder, hvor Trykretningen var uforandret, tættede Røret sig, som man ser, hvad

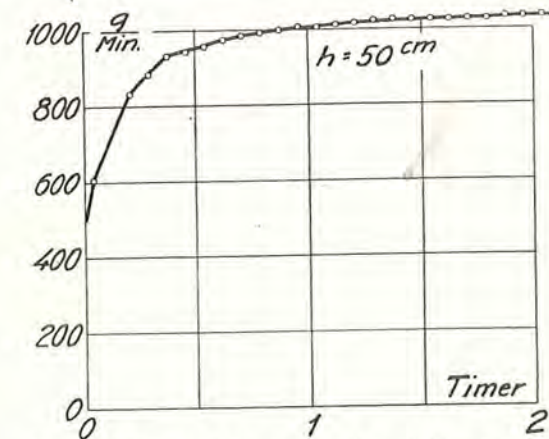


Fig. 47. Strømstyrkekurve for Rør af Mortel 1:10.

enten Trykket var indvendigt eller udvendigt. Forandring af Trykretningen fik derimod Strømstyrken til at stige stærkt. Paa enkelte Dage foretoges talrige hurtigt paa hinanden følgende Skiftninger; man vedblev at skifte Trykretning, indtil Strømstyrken ikke kunde bringes til at stige mere. Ved en saadan Række af Skiftninger 27 Døgn efter Forsøgets Begyndelse (¹¹/₁₂ 29) lykkedes det at bringe Strømstyrken op paa samme Værdi 2900 g/Min, som den først maalte Q_{200} ; dette viser, at den indtraadte Tætning skyldes faste Stoffer og eventuelt Luftblærer, der er afsat i Porerne og atter uddrives ved Skiftning af Trykretningen. Ved de senere Skiftninger kunde Strømstyrken ikke bringes op paa denne Værdi; 55 og 609 Døgn efter Forsøgets Begyndelse naaedes saaledes henholdsvis 2600 og 800 g/Min. Den voksende Tætning, som det ikke var muligt at ophæve ved Skiftning af Trykretningen, skyldes utvivlsomt, at en Del af de i Porerne aflejrede Stoffer med Tiden er blevet saa tæt lejrede, at de ikke uddrives selv ved et stort Antal Skiftninger. I et saa magert Cementrør kan Svulmningen ikke antages at spille nogen større Rolle for Tætningen, ja den vil snarere virke i

TABEL 33

I de første 9 Døgn	sank Q_{200}	fra 2900 til 920 g/Min	Indv. Tryk ¹⁾
Som Følge af 2 Skiftninger	steg Q_{200}	» 920 » 2650 »	» » »
I de følgende 11 Døgn	sank Q_{200}	» 2650 » 990 »	» » »
Som Følge af 1 Skiftning	steg Q_{200}	» 990 » 2150 »	Udv. »
I de følgende 6 Døgn	sank Q_{200}	» 2150 » 1365 »	» » »
Som Følge af 5 Skiftninger	steg Q_{200}	» 1365 » 2550 »	Indv. »
I det følgende Døgn	sank Q_{200}	» 2550 » 1980 »	» » »
Som Følge af 30 Skiftninger	steg Q_{200}	» 1980 » 2900 » ²⁾	» » »
I de følgende 28 Døgn	sank Q_{200}	» 2900 » 307 »	» » »
Som Følge af 56 Skiftninger	steg Q_{200}	» 307 » 2600 » ³⁾	» » »
I det følgende Døgn	sank Q_{200}	» 2600 » 2030 »	» » »
Som Følge af 4 Skiftninger	steg Q_{200}	» 2030 » 2415 »	» » »
I de følgende 116 Døgn	sank Q_{200}	» 2415 » 18 »	» » »
» » » 50 »	steg Q_{200}	» 18 » 131 »	» » »
» » » 351 »	sank Q_{200}	» 131 » 34 »	» » »
Som Følge af 1 Skiftning	steg Q_{200}	» 34 » 963 »	Udv. »
I de følgende 28 Døgn	sank Q_{200}	» 963 » 130 »	» » »
Som Følge af 1 Skiftning	steg Q_{200}	» 130 » 454 »	Indv. » ⁴⁾
I de følgende 8 Døgn	sank Q_{200}	» 454 » 69 »	» » »
Som Følge af 36 Skiftninger	steg Q_{200}	» 69 » 800 » ⁵⁾	» » »
I de følgende 19 Døgn	sank Q_{200}	» 800 » 40 »	» » »
» » » 298 »	sank Q_{200}	» 40 » 2 »	» » »

¹⁾ I denne Periode foretoges Trykvariationsforsøg, se Side 220.

²⁾ 44 % af Stigningen fremkom ved første Skiftning.

³⁾ 46 % af Stigningen fremkom ved første Skiftning.

⁴⁾ Det indvendige Tryk indstilledes til at begynde med paa 40 cm, derefter paa 100 cm, 150 cm og først ca. 2 Timer efter Skiftningen paa 200 cm.

⁵⁾ 54 % af Stigningen fremkom ved første Skiftning.

modsat Retning og gøre Røret mere utæt. Den første Skiftning i en Række fremkaldte en langt større Forøgelse af Strømstyrken end nogen af de efterfølgende Skiftninger (se Tabel 33's Fodnoter), hvilket viser, at en stor Del af de tættende Stoffer er blevet uddrevet ved den første Skiftning.

^{4/6} 31 undersøgte man Indflydelsen paa Strømstyrken af forskellige mekaniske Paavirkninger af lignende Art, som de Røret udsattes for under Trykskiftningerne: Røret tømtes helt eller delvis for Vand, Hastigheden gennem Stigrøret øgedes stærkt, Prøveapparatet udsattes for lette Rystelser; alt dette fik kun Strømstyrken til at variere indenfor Omraadet 10—62 g/Min.

Da der skiftedes til indvendigt Tryk ^{8/7} 31 (se Fodnote 4), lod man dette stige trinvis: 40—100—150—200 cm og maalte Strømstyrken flere

Gange paa hvert Trin. Medens Trykket holdtes konstant paa de to laveste Trin, var Strømstyrken nærlig konstant, paa de to højeste var Strømstyrken stærkt voksende. Den sidst maalte Værdi af Q_{200} var mere end $6 \cdot Q_{100}$. Ved hver Trykstigning opsamledes og undersøgtes det først udskyllede Vand; det indeholdt smaa Mængder af gulbrune, rustlignende Partikler samt talrige mikroskopiske levende Organismer. Ved Udtagelsen af Røret efter Forsøget fandtes ingen Slim hverken paa Ydersiden eller paa Indersiden; i Vandet, der stod i Røret, fandtes Jærn.

F. Vandbevægelse gennem tilsyneladende tætte Rørvægge.

I »Cementrørs Vandtæthed« Side 33 omtales nogle Forsøg angaaende Selvtætning hos 4 i Forvejen ret tætte Rør, der stod under 25 cm Vandtryk regnet fra Rørenes Midte. 3 af Rørene henstod saaledes i $2\frac{1}{2}$ Aar, hvorved Strømstyrken, der oprindeligt var 8,3 g/Min, sank til 0,0007 g/Min. Det 4' Rør (Nr. 16), der var fremstillet i Blandingsforholdet 1:3 og særlig kraftigt stampet, var straks langt tættere end de øvrige og blev fuldkommen tæt i Løbet af 3—4 Uger. Da det havde henstaaet i 5 Uger og var hvidtørt paa Ydersiden, blev det afspærret fra den omgivende Luft, ved at et Glas blev ført op om det og dækket med et Papirslag, idet man derved vilde undersøge, om Rørets Yderside blev fugtig, naar Fordampningen paa denne Maade hæmmedes, men i de $2\frac{1}{3}$ Maaned, Forsøget varede, forblev Røret hvidtørt.

For at faa afgjort, om Røret var fuldkommen tæt, eller om der trods nævnte Foranstaltning fordampede Vand ud gennem dets Porer, blev det indspændt mellem nye Flanger, af hvilke den nederste var lukket, medens den øverste var gennemboret og forsynet med et lodret Stigrør af Glas med ca. 9 mm Lysvidde. ^{5/12} 1925 fyldtes Vand i Stigrøret indtil 25 cm over Forsøgsrørets Midtpunkt, og derefter anbragtes en Vatprop i Stigrørets øvre Ende. Ved forudgaaende Undersøgelser havde man forvissat sig om, at Fordampningen gennem Vatproppen var ubetydelig, saaledes at en eventuel Vandspejlsænkning kun kunde være Udtryk for en Fordampning gennem Forsøgsrøret.

Forsøgets Gang i de følgende Maaneder var derefter den, at Vandstanden i Stigrøret aflæstes med et eller flere Døgns Mellemrum og efter hver Aflæsning igen bragtes op paa den til 25 cm Vandtryk svarende Højde.

Der viste sig nemlig en Vandspejlsænkning, der til at begynde med var 51 mm/Døgn, men hurtigt aftog og efter 1 Maanedes Forløb var 9,6 mm/Døgn. Den store Sænkning i Begyndelsen skyldes formentlig, at Røret som Følge af Overflytningen til det nye Apparat havde hen-

staaet 2 Døgn uden at være vandfyldt og derfor var udtørret noget, men den stadig fortsatte Sænkning viser, at der sker en Fordampning gennem Forsøgsrøret, thi denne kan ikke optage saa store Vandmængder i sine Porer eller binde dem kemisk.

Vandtrykket øgedes derpaa til 50 cm, hvorved Sænkningshastigheden øgedes til 13,5 mm/Døgn. Samtidigt blev der om Forsøgsrøret anbragt et Kar, der i Løbet af de følgende 6 Uger trinvis fyldtes med Vand, saaledes at man kunde undersøge, om Fordampningen skete gennem Flangepakninger og Proppe eller gennem selve Forsøgsrøret. Efter at alt var vanddækket, var Sænkningshastigheden aftaget til 1 mm/Døgn; Dækningen af selve Røroverfladen formindskede Sænkningshastigheden med 8 mm/Døgn.

Da Vandet om Røret atter fjærnedes, indtraf der i det første Døgn en Vandspejlsstigning i Glasrøret, utvivlsomt fordi Forsøgsrøret har trukket sig lidt sammen som Følge af Afkøling og Indtørring, men derefter fulgte Vandspejlsænkning med voksende Hastighed, indtil der efter nogle Uger indtraadte en Ligevægtstilstand; Sænkningshastigheden var da 6,7 mm/Døgn.

Sænkningshastighedens Fald, da Røroverfladen sattes under Vand, og dens Stigning, da Vandet atter fjærnedes, skyldes formentlig i overvejende Grad Haarrørvirkningens Ophør og Genopstaaen. Naar der gaar Vand gennem Rørvæggen, og dens Yderside er tør, maa der inde i Rørvæggen ske en Fordampning fra den Vandoverflade, der dannes af Vandspejlene i de vandførende Porer, og Porevandets Bevægelse maa dels skyldes Vandtrykket, dels Haarrørvirkningen. Naar Røret omgives af Vand, ophæves Haarrørvirkningen, og Porevandets Bevægelse skyldes da alene Vandtrykket og er derfor langsommere.

6 Uger efter at Vandet var fjærnet fra Rørets Yderside, var Sænkningshastigheden jævnt og meget langsomt aftagende; der maa altsaa have fundet en ringe Selvtætning Sted. Paa dette Tidspunkt anbragtes Røret i en Glasbeholder med ca. 250 cm³ koncentreret Svovlsyre paa Bunden, og Beholderen dækkedes med tætsluttende Glasplader. Dette fremkaldte hurtigt en Forøgelse af Sænkningshastigheden, idet Svovlsyren har frembragt en saa stor Formindskelse af Damptrykket i Luften omkring Røret, at Fordampningshastigheden ved Vandoverfladen inde i Rørvæggen er blevet forøget.

Da Glasset med Svovlsyren fjærnedes efter ca. 3 Ugers Forløb, faldt Sænkningshastigheden atter, og aabenbart til den Værdi, man vilde have fundet, hvis Svovlsyre-Forsøget ikke var blevet udført, og Røret i Stedet for havde fortsat med at tætte sig.

Man prøvede ogsaa at udsætte Røroverfladen for en kraftig Luftstrøm

frembragt af en elektrisk Ventilator, men dette forøgede ikke Sænkningshastigheden.

Af de nævnte Forsøg fremgaar imidlertid, at en hvidtør Overflade ikke beviser, at Røret er helt tæt, men kun at der er Ligevægt mellem Strømstyrke og Fordampningshastighed.

VII. HOVEDOVERSIGT.

Cementrørs Vandtæthed og Syrefasthed er blevet undersøgt af et Udvalg nedsat af *Dansk Ingeniørforening* og *Foreningen Dansk Cementvareindustri*. Forsøgene er udført i *Danmarks tekniske Højskoles Laboratorium for Byggeteknik*.

Udvalgets 1' Beretning: *Cementrørs Vandtæthed* offentliggjordes i *Ingeniørvidenskabelige Skrifter B*, Hefte Nr. 3, København 1930.

Den foreliggende afsluttende Beretning: *Cementrørs Syrefasthed* gør Rede for de senere foretagne Undersøgelser, hvis Hovedresultater er meddelt nedenfor. Ialt fremstilledes og undersøgte 82 Rør og 898 Stænger. Forsøgene ledes af Laboratoriets Ingeniør *H. Dührkop*, der ogsaa har medvirket ved Bearbejdelsen af Forsøgsmaterialet.

A. OPLYSNINGER OM DANSKE CEMENTRØRS HOLDBARHED.

Efter de indsamlede Oplysninger at dømme (Side 3—9) er der kun i 15 Tilfælde konstateret Ødelæggelser af Cementrør i den danske Jordbund. Angrebet er næsten altid sket fra Yderfladen, og kun naar Rørene laa under Grundvandet og i vandførende Jord, aldrig i Lerjord, og kun naar Cement-Sand-Forholdet var 1:3 eller endnu ringere. Ødelæggelse af vaadstøbte Rør eller vandlagrede Rør eller imprægnerede Rør kendes ikke.

B. VANDS TÆRENDE INDVIRKNING PAA HÆRDNET CEMENT.

En Oversigt findes Side 9—12.

C. FORSØG MED RØR UDSAT FOR KULSYREHOLDIGT VAND.

1. RØR AF PORTLANDCEMENTMØRTEL. Forsøgene, der gik ud paa at undersøge, hvorvidt det er muligt at fremstille Cementrør, der i det lange Løb taaler Paavirkning af kulsyreholdigt Vand, viser, at dette Spørgsmaal kan besvares bekræftende. Smaa Rør fremstillede i Laboratoriet i Blandingsforholdet 1:2 efter Vægt og med 8—10 % Vand

blev efter at have været lagrede paa forskellige Maader udsat for kulsyreholdigt Vand, der ledtes gennem Rørene under 0,2 at Overtryk. Vandstrømmen vedligeholdtes uafbrudt i $3\frac{1}{4}$ Aar, og da Forsøget blev afbrudt, var de Rør, der var fremstillede efter rigtige Principper, stadig tætte, og Kulsyrens eneste paaviselige Virkning var, at et ca. 0,7 mm tykt Mørtellag paa Rørenes Inderside var opløst.

De efter gale Principer fremstillede Rørs Holdbarhed svarede som Regel til Rørenes Tæthedsgrad.

Naar Rørene viste sig utætte og uholdbare, skyldtes det væsentligst mangelfulde Støbeskel (Fig. 13—14). Jo mindre Mørtlernes Støbevandsmængde var, des mere fremtrædende var Manglerne.

Tætte Støbeskel og dermed holdbare Rør opnaar man sikrest ved at vandlagre Rørene efter Fremstillingen. Selv de tørrest støbte Rør viste sig efter denne Behandling som Regel holdbare. Støbes Rørene af en tilstrækkelig vaad Mørtel, kan de ogsaa blive holdbare uden Vandlagring.

Rør af Mørtel 1:1 $\frac{1}{2}$ viste sig ikke bedre end Rør af Mørtel 1:2 (Fig. 17).

2. RØR AF MØLERCEMENTMØRTEL var mindre holdbare end Rør af Portlandcementmørtel (Fig. 20).

3. RØR AF PORTLANDCEMENT IMPRÆGNEREDE MED TJÆRE. Samme Varighed som de gode Portlandcementrør 1:2 viste cementfattige Rør (1:5), der var imprægnerede ved Dypning i varm, tungtflydende Tjære (Fig. 27). Tjærehinden fik dog efterhaanden Blærer (Fig. 28), og selv om dette ikke svækkede Røret i den Tid, Forsøget varede, maa det betragtes som et bedre Fabrikationsprincip at fremstille en helt igennem vandtæt Rørvæg, hvilket som ovenfor nævnt er muligt, fremfor at tilvejebringe Vandtætheden ved Hjælp af et Overfladelag, der kan beskadiges. Se ogsaa under D, 4.

Rør, der var imprægnerede ved Dypning i varm, letflydende Tjære eller ved Strygning med samme Tjære i kold Tilstand, ødelagdes hurtigt, til Trods for at Behandlingen havde forøget Rørenes Vandtæthed meget stærkt.

4. RØR AF PORTLANDCEMENT IMPRÆGNEREDE MED ASFALT. Rør af Portlandcementmørtel 1:4 trykimprægnerede med Asfalt var næsten uangrebne ved Forsøgets Slutning (Fig. 22 og 24), skønt de ikke var fuldstændig tætte. Asfallaget paa Rørenes Yderside blev blæret under Forsøget (Fig. 25). Se ogsaa under D, 4.

D. FORSØG MED MØRTELSTÆNGER.

Da det kun var muligt at prøve et meget begrænset Antal Mørtler i Form af Rør og kun med kulsyreholdigt Vand, blev Rørforsøgene supplerede med Stangforsøg, ved hvilke spinkle Stænger af forskellige Mørtler udsattes for Angreb af Mælkesyre, Kulsyre eller Saltsyre. Forud for disse Syrefasthedsforsøg undersøgte de nedenfor under 1 og 2 nævnte Forhold.

1. STANGSTYRKENS AFHÆNGIGHED AF LAGRINGSMAADEN I DEN 1' UGE. Ved disse Forsøg undersøgte den Indflydelse, Mørtlernes Lagringsmaade i den første Uge har paa deres endelige Styrke, naar Lagringen iøvrigt sker i Laboratorieluft. Forsøgene viste, at den endelige Styrke bliver ens, hvadenten Mørtlerne i den første Uge er lagrede i Vand eller i meget fugtig Luft, og disse Mørtler viste ingen eller kun ringe Styrketilvækst efter 5' Uge, rimeligvis fordi de da var udtørrede, og fordi de var for tætte til, at Luftens Kulsyre kunde trænge ind i dem og medføre en Efterhærdning. Hvis Mørtlerne kun lagredes 1 Døgn i fugtig Luft, blev 5 Ugers Styrken langt ringere, men til Gengæld steg Styrken ca. 25 % i den følgende Maaned, utvivlsomt paa Grund af Kulsyreoptagelse, og deres 9 Ugers Styrke var kun for Trykstyrkens Vedkommende lavere end efter de to vaade Lagringsmaader (Side 100).

2. MØRTELS STYRKETAB VED VÆDNING. Det meget store Styrketab, som Mørtel lider ved Gennemvædning, og som har Betydning for al Mørtel og Beton, der udsættes for Vejrliget, blev undersøgt. Af Forsøgene fremgaar blandt andet, at lufttør Portlandcementmørtel mister ca. 30 % af sin Styrke, naar den gennemvædes af Vand (Fig. 31).

3. PORTLAND-, VELO- OG MOLERCEMENTS SYREFASTHED bestemtes ved Bøjnings- og Trykforsøg med Stænger, der havde været udsat for Syreangreb. For saa vidt som Forsøgsresultaterne kan tolkes i faa Ord, viser de, at Velocementen ingen Fordele har fremfor Portlandcement i Henseende til Syrefasthed, hvorimod Molerementen er noget syrefastere, saafremt de Mørtler, der sammenlignes, har ens Blandingsforhold efter Vægt; Forskellen er dog ikke saa stor, at Brugen af Molerement derved bliver fordelagtig.

Ligesom tidligere fundet, blev Trykstyrken ved Syreangrebet nedsat i langt højere Grad end Bøjningsstyrken.

4. IMPRÆGNERINGSMIDLERS INDFLYDELSE PAA STYRKE OG SYREFASTHED.

a. TJÆRE OG ASFALT. Forsøg med Stænger imprægnerede med Tjære eller Asfalt paa samme Maade som de tidligere omtalte Rør bekræftede Rørforsøgenes Resultater, nemlig at letflydende Tjære ikke beskytter

mod Syreangreb (Fig. 32, 37, 38), medens tungtflydende Tjære og Asfalt yder en virksom Beskyttelse (Fig. 32, 33, 37, 38). Den tungtflydende Tjære danner en beskyttende Kappe og er derfor anvendelig paa baade cementfattige og cementrige Mørtler. Asfalten lader sig kun indpresse i cementfattige Mørtler, men i disse trænger den meget dybt ind (Fig. 33) og yder en meget virksom Beskyttelse, der vokser med Imprægneringstrykket. I en vaadstøbt Mørtel 1 : 3 lod den sig ikke indpresse (Fig. 36), og den Asfaltkappe, der lagde sig om Stængerne, var i Modsetning til Tjærekappen ikke i Stand til at modstaa et langvarigt Syreangreb.

b. VANDGLAS. Imprægnering ved Dypning i Vandglas, hvilken Behandling har en gavnlige Virkning paa Portlandcementmørtels Vandtæthed, forøgede hverken Styrken eller Syrefastheden i væsentlig Grad.

c. SÆBE. Tilsætning af Sæbe til Støbevandet, hvilken Tilsætning ligeledes har en gavnlige Virkning paa Portlandcementmørtels Vandtæthed, forøgede kun vaadstøbte Mørtlers Syrefasthed og kun i ringe Grad, og da den samtidig medførte en stor Styrkeforringelse, kan Sæbe ikke komme i Betragtning som Beskyttelsesmiddel mod Syre.

E. FEJLKILDER VED VANDTÆTHEDSFORSØG.

Disse Forsøg blev udført for at opklare forskellige gaadefulde Foreteelser, som optraadte ved de i 1930 offentliggjorte Rørforsøg og ligeledes ved de her foreliggende Rørforsøg.

1. VANDTÆTHEDENS PERIODISKE SVINGNINGER. Til Trods for at Vandtrykket holdtes nøjagtig konstant Dag og Nat, kunde den gennem Rørvæggen gaaende Vandstrøm variere i Styrke, dels rytmisk i Løbet af Døgnet, dels stærkere og mere uregelmæssigt i Løbet af længere Perioder, som det f. Eks. ses paa Fig. 12. Disse Variationer er det lykkedes at forklare; de skyldes, at Vandet til Tider udskiller Luftblærer i Rørvæggens Porer, som derved tilstoppes, og til andre Tider opløser disse Blærer, hvorved Strømstyrken atter stiger. Smaa Temperaturvariationer kan ved at medføre slige Luftudskillelser eller Luftpåtagelser faa en langt større Indflydelse paa Strømstyrken end gennem deres Paavirkning af Vandets Gnidningstal.

Disse Forhold paavistes først med kulsyreholdigt Vand, som sivede gennem Rørvæggen. Naar man gjorde Vandet kulsyrefattigere, viste Rørene sig utættere, fordi de i Rørvæggen siddende Kulsyreblærer opløstes. Naar man gjorde Vandet kulsyrerigere, viste Rørene sig tættere, fordi der afsattes Kulsyreblærer i Rørvæggen (Fig. 40).

Dernæst paavistes, at Vandtætheden, naar Forsøgsrøret direkte var

tilsluttet den kommunale Drikkevandsledning, varierede fra Døgn til Døgn og desuden varierede rytmisk i Løbet af Døgnet fra et Minimum Kl. 8 til et Maksimum Kl. 20. Samtidig maalttes Vandets Tilbøjelighed til Luftudskillelse, hvorved det viste sig, at Døgn med stærk Luftudskillelse faldt sammen med Døgn, i hvilke Røret viste sig meget vandtæt og omvendt (Fig. 41), samt at Vandets Luftudskillelse i Løbet af Døgnet svingede rytmisk ligesom Rørets Vandtæthed.

Variationerne i Luftudskillelse skyldes formentlig mest, at Ledningsvandet ankommer mer eller mindre luftmættet, eftersom Forbruget ude i Byen er større eller mindre, men det spiller ogsaa en Rolle, at Vandet er koldere end Luften og derfor opvarmes under Passagen gennem Rørvæggen; naar denne Opvarmning er stærk, er Luftudskillelsen stor.

2. VANDTÆTHEDENS AFTAGEN I FORSØGETS FØRSTE TIMER. Den ved tidligere Forsøg (*Cementrørs Vandtæthed* Side 16) gjorde Iagttagelse, at et mere eller mindre groft porøst Cementrørs Vandtæthed aftager i Løbet af Forsøgets første Timer, forklaredes ved, at Rørvæggens Porer i Begyndelsen er tilstoppede af Luft, der efterhaanden uddrives. Rigtigheden af denne Forklaring fik man bekræftet ved at lade Vand strømme gennem Sand indesluttet i et Glasrør (Fig. 43—45).

3. VANDTÆTHEDENS VÆKST I TIDENS LØB. Naar Rørvægge, Vandbeholdervægge og Dæmninger gennemses af Vand, der ikke er tærende, tætter de sig i Tidens Løb. At den væsentligste Aarsag til denne Selvtætning maa være, at Mørtlen virker som et Filter, der tilbageholder Vandets Urenheder og derfor tilstoppes, blev nævnt i *Cementrørs Vandtæthed* Side 36, men først bevist ved et i den foreliggende Beretning beskrevet Forsøg med et meget porøst Cementrør ($P_c : P_s = 1 : 10$), der skiftevis udsattes for indvendigt og udvendigt Vandtryk (Fig. 46). Saa længe Trykretningen holdtes konstant, tættede Røret sig fra Dag til Dag. Da Trykretningen skiftedes, viste Røret sig straks lige saa utæt som oprindeligt, hvorefter det atter begyndte at tætte sig.

4. VANDBEVÆGELSE GENNEM TILSYNELADENDE TÆTTE RØRVÆGGE. De Rør, der ved Vandtæthedsforsøgene bevarede en hvidtør Overflade, er i Beretningen betegnet som fuldkommen vandtætte. Ved et særligt Forsøg paavistes, at der ogsaa gaar Vand gennem saadanne Rørvægge, men saa lidt, at det fordamper i Porerne, inden det har naaet Overfladen.

VII. SUMMARY.

The permeability and resistance to acid of cement sewer pipes has been investigated by a Committee appointed jointly by *The Institute of Civil Engineers of Denmark* and *The Danish Cement Products Association*. The investigation was carried out in *The Laboratory for Building Research of the Danish Royal Technical College*.

The Committee's first report *The Permeability of Cement Pipes* was published in *Ingeniörvidenskabelige Skrifter B, No. 3, Copenhagen 1930*, and also in the papers of *The First International Congress for Concrete and Reinforced Concrete, Liège 1930*.

The present and final report, *The Resistance of Cement Pipes to Acid* describes the subsequent investigation, the chief results of which are summarised in the following. A total of 82 pipes and 898 bars were made and tested. The tests were carried out under the direction of *H. Dührkop*, Engineer to the Laboratory, who also assisted in the coordination of the experimental data.

A. INFORMATION COLLECTED AS TO THE DURABILITY OF DANISH CEMENT PIPES.

According to the information gathered (pages 3—9) destruction of pipes in Danish soil occurred in only 15 cases. Almost invariably the outer surface was the seat of attack and then only when the pipes were situated under the sub-surface water level and in aquiferous strata and the cement-sand ratio was 1:3 or less. No cases of destruction occurred in clay soil. Destruction of wet-moulded, water-cured or impregnated pipes is unknown.

B. THE CORRODING EFFECT OF WATER UPON HARDENED CEMENT.

A summary is given on pages 9—12.

C. TESTS WITH PIPES SUBJECTED TO THE EFFECT OF WATER CONTAINING CARBONIC ACID.

1. PIPES OF PORTLAND CEMENT MORTAR. The tests were undertaken to examine into the possibility of manufacturing pipes perma-

nently able to withstand the action of aqueous carbonic acid, and show that the required resistance can be obtained. Small laboratory-made pipes of a 1:2 mixture (by weight) with 8–10% water were, after curing by various methods, subjected to the action of acid water, led through the pipes under 200 cm pressure. The flow of water was maintained uninterruptedly for 3¹/₄ years, and at the conclusion of the tests the pipes produced according to correct principles were still tight, and had apparently only suffered to the extent of a removal of their inner surface to a depth of 0.7 mm.

The durability of pipes produced by incorrect methods was, as a rule, in proportion to their degree of tightness.

A lack of watertightness and durability was chiefly found to be due to deficient adhesion between the successive layers of mortar placed during moulding (Fig. 13–14). The lower the content of mixing water in the mortar, the more pronounced the defect. Tight moulding-joints and therefore durable pipe is most reliably obtained by water curing after manufacture; even pipes made from the driest mixtures were, as a rule, durable if water cured.

With mixtures containing sufficient water a durable pipe is obtained without subsequent water curing.

A 1:1¹/₂ mixture produced no better pipe than 1:2 (Fig. 17).

2. PIPES OF MOLER (KIESELGUHR) CEMENT were less durable than those of Portland cement (Fig. 20).

3. PIPES OF PORTLAND CEMENT IMPREGNATED WITH TAR (Fig. 27). Pipes of a 1:5 mixture dipped in hot viscous tar were equal in durability to the resistant 1:2 mixture pipes. The tar film, however, blistered (Fig. 28), and although this did not weaken the pipe in the period covered by the tests, it would seem the better way to manufacture pipes having walls watertight throughout (which, as is shown above, is possible) rather than obtain tightness by means of a vulnerable surface coating. See also under D. 4.

Pipes impregnated by dipping in hot thin tar or by painting with the same tar, cold, are quickly destroyed, in spite of the treatment having very considerably decreased the permeability of the pipes.

4. PIPES OF PORTLAND CEMENT IMPREGNATED WITH ASPHALT were practically unaffected at the conclusion of the tests (Fig. 22 and 24) although not completely tight. The asphalt film in the outer surface of the pipe blistered (Fig. 25). See also under D. 4.

D. EXPERIMENTS WITH MORTAR TEST-BARS.

As the number of mortars that could be tested in the form of pipes was very limited, and then only with water acidified with carbonic acid, the pipe experiments were supplemented by tests with bars, for which thin bars of various mixtures were subjected to the action of lactic, carbonic or hydrochloric acid. Prior to these tests to determine resistance to acid attack, the conditions mentioned in 1. and 2. below, were examined.

1. THE RELATION OF THE STRENGTH OF TEST BARS TO THE MANNER OF THEIR CURING DURING THE FIRST WEEK. In these test the influence upon the final strength of the first weeks curing conditions, followed by storage in the atmosphere of the laboratory, was examined. The investigation showed that in terms of final strength it was immaterial whether the first week's curing took place in water or very damp air; further that after such curing little or no increment in the strength was exhibited after the fifth week, probably because the bars had then become dried out, and because they were too dense to permit post-hardening by permeation of atmospheric CO₂. If the storage in damp air is limited to 24 hours, the 5 week strength is much lower; on the other hand the following month shows an increase in strength of 25%, doubtless due to the taking up of CO₂; the 9 week strength was only inferior to that of the water cured bars in respect of crushing strength (Page 100).

2. LOSS IN STRENGTH OF MORTAR WHEN PERMEATED WITH WATER. The great loss in strength suffered by mortar when permeated with water, a matter which concerns all mortar and concrete exposed to the weather, was examined. The experiments showed, inter alia, that air dry Portland cement mortar loses about 30% of its strength when permeated (Fig. 31).

3. THE RESISTANCE TO ACID OF PORTLAND, VELO (QUICK HARDENING) AND MOLER (KIESELGUHR) CEMENT mortars was determined by transverse and crushing tests upon bars that had been subjected to acid attack. In so far as the results can be expressed in few words, they show that, for the same cement-sand proportions (by weight), Velo cement offers no advantage over Portland cement, while Moler cement is somewhat more resistant; the difference, however, is not sufficient to render the employment of Moler cement advantageous.

As previously found, acid attack reduces crushing strength to a far greater degree than it does transverse strength.

4. THE EFFECT OF IMPREGNATION SUBSTANCES ON STRENGTH AND ACID RESISTANCE.

a. TAR AND ASPHALT. Tests on bars impregnated with tar or asphalt in a similar manner to the pipes previously mentioned, confirm the results obtained with the latter, i. e. that thin tar does not afford protection against acid attack (Figs. 32, 37, 38) whilst thick tar and asphalt affords effective protection (Figs. 32, 33, 37, 38). The thick tar forms a protective coating and is therefore applicable to both fat and lean mixtures. Asphalt under pressure will only penetrate lean mortars, but in these the penetration is deep (Fig. 33) and forms a very effective protection which increases with the impregnation pressure. A wet-moulded 1:3 mortar did not permit penetration (Fig. 36) and the asphalt coating formed on the bars, contrary to the tar coating, did not resist prolonged acid attack.

b. SILICATE OF SODA. Impregnating by dipping in silicate of soda, which had a beneficial effect on the permeability of Portland cement mortars, did not increase the strength or acid resistance, to any marked degree.

c. SOAP. The addition of soap to the mixing water likewise decreased the permeability of Portland cement mortar, but only increased the acid resistance of the wet-moulded mortar, and that only to a slight extent. As at the same time the strength was greatly reduced, the use of soap as a protective means is inadvisable.

E. SOURCES OF ERROR IN PERMEABILITY TESTS.

These experiments were carried out in order to clear up puzzling phenomena which appeared during both the present investigation and that of 1930.

1. VARIABleness IN PERMEABILITY. Although the water pressure during the tests was maintained constant night and day, the passage of water through the walls of the pipes could vary in intensity, partly with a rhythmic variation in the course of the 24 hours and partly in a more pronounced and irregular manner over longer periods, e. g. see Fig. 12. This variableness was found to be due to the formation from time to time of bubbles of air in the pores of the pipe walls, causing obstruction to the flow of water; these bubbles periodically again dissolve whereupon the permeability is restored. Slight variations in temperature have a far greater influence on the permeability by causing bubble formation or solution than by their effect on the viscosity of the water.

These conditions were first demonstrated by passing through the pipe walls water containing carbonic acid. Reduction of the acid content resulted in an increased permeability, due to the dissolving of the gas-bubbles in the pores of the pipe wall. Increasing the acid content caused separation of gas-bubbles and decreased passage of water (Fig. 40).

Following these tests it was shown that permeability varied from day to day when using tap water and, further, varied rhythmically in the course of the day from a maximum at 8 a. m. to a minimum at 8 p. m. Parallel determinations were made of the air-separating tendency of the water, whereby it was found that the day on which air separation was greatest, coincided with that on which the permeability of the pipe was least; the contrary was also the case (Fig. 41). It was likewise found that the air separation during the day varied rhythmically similarly to the permeability of the pipe.

The variation in air separation is thought to be chiefly due to variation in degree of air saturation of the tap water depending upon the rise and fall of water consumption in the town, but also to partly depend on whether the water is colder than the air and is warmed by passage through the pipe wall; when the rise in temperature is considerable the separation of air is correspondingly great.

2. INCREASE IN PERMEABILITY DURING THE FIRST HOURS OF THE TEST. The observations made during the earlier investigation (*Permeability of Cement Pipes*), i. e. that a more or less coarsely porous cement pipe's permeability increased in the initial stage of the test, is explained by the pores of the pipe wall being filled by air which is gradually driven out. The correctness of this explanation was confirmed by allowing water to flow through sand in a closed glass tube (Fig. 43—45).

3. DECREASE IN PERMEABILITY WITH TIME. When water that is non-corroding passes through pipe walls, tank walls and dams, they become tight in the course of time. That this is due chiefly to the wall acting as a filter and arresting impurities in the water which clog the pores, was mentioned in *Permeability of Cement Pipes*, but first proved by an experiment described in the present report. This test, carried out with a very porous pipe (1:10 mortar), consisted in subjecting the pipe to internal water pressure alternating with external pressure (Fig. 46). As long as the direction of pressure was maintained constant the pipe became tighter day by day, but on changing the direction, the pipe at once became as permeable as at first, and again began to tighten.

4. PERMEABILITY OF APPARENTLY WATERTIGHT PIPE WALLS. The pipes that under test exhibited a white-dry surface, are described in the report as completely watertight. A special test, however, showed that such pipes were not entirely tight, but that the permeability was so slight that the water evaporated in the pores before reaching the surface.

VII. RÉSUMÉ.

L'imperméabilité des tuyaux de ciment et leur résistance aux agents acides ont été étudiées par un comité constitué par *La Société des Ingénieurs civils danois* et *La Société des Fabricants d'Articles en Ciment*. Les essais ont été effectués au *Laboratoire d'essais des matériaux de construction de l'Institut Polytechnique Royal à Copenhague*.

Le premier compte rendu du comité: *Imperméabilité des Tuyaux de Ciment* a été publié dans les *Ingeniørvidenskabelige Skrifter B, Nr. 3, Copenhague 1930*, et aussi dans les rapports du *Premier Congrès International du Béton et du Béton armé, Liège 1930*.

Le compte rendu final présent: *Résistance des Tuyaux de Ciment aux Agents Acides* rend compte des essais ultérieurs, dont les résultats principaux se trouvent dans ce qui suit. Au total on a confectionné et examiné 82 tuyaux et 898 barres. Les essais ont été dirigés par *M. H. Dührkop*, ingénieur du laboratoire, qui a coopéré aussi à l'analyse des essais et à l'élaboration du compte rendu.

A. RENSEIGNEMENTS SUR LA DURABILITÉ DES TUYAUX DE CIMENT EN DANEMARK.

Selon les renseignements acquis (pages 3 à 9), ce n'est que dans 15 cas qu'on a pu constater que les tuyaux de ciment ont été détruits dans le sol danois. L'attaque a presque toujours eu lieu à la surface extérieure et dans le cas seulement où les tuyaux se sont trouvés au-dessous de la nappe d'eau souterraine et dans la couche aquifère, jamais dans la terre argileuse, et encore seulement dans le cas où la proportion du ciment au sable a été de 1:3 ou moindre. On n'a jamais constaté de destruction ni de tuyaux faits d'un mortier plastique, ni de tuyaux conservés à l'eau, ni de tuyaux imprégnés.

B. ACTION CORROSIVE DE L'EAU SUR LE CIMENT DURCI.

Un exposé se trouve aux pages 9 à 12.

C. ESSAIS DE TUYAUX EXPOSÉS A L'EAU CONTENANT DE L'ACIDE CARBONIQUE.

1. TUYAUX DE CIMENT PORTLAND. Les essais, qui avaient pour but de faire la lumière sur la question de savoir s'il est possible de confectionner des tuyaux de ciment pouvant résister indéfiniment à l'action de l'eau contenant de l'acide carbonique, prouvent qu'on peut répondre affirmativement à cette question. De petits tuyaux confectionnés au laboratoire à la proportion de 1:2 au poids et avec 8 à 10 pour cent d'eau de gâchage furent, après avoir été conservés de façons différentes, exposés à de l'eau contenant de l'acide carbonique et circulant dans les tuyaux à la pression effective de 0,20 atmosphères. Le courant d'eau a été maintenu sans interruption pendant 39 mois, et à la fin de l'essai les tuyaux confectionnés suivant les bons procédés étaient encore étanches, et la seule action démontrable due à l'acide carbonique consistait à la dissolution d'une couche de mortier d'environ 0,7 mm d'épaisseur à la face intérieure des tuyaux.

La résistance des tuyaux confectionnés suivant les mauvais procédés correspondait généralement à leur degré d'imperméabilité.

Quand les tuyaux se montraient perméables et peu durables, le défaut était surtout dû aux reprises mal exécutées (fig. 13—14). Plus la quantité d'eau de gâchage des mortiers était réduite, plus les défauts étaient prononcés.

Le moyen le plus sûr d'obtenir des reprises imperméables et par conséquent des tuyaux durables, consiste à conserver les tuyaux à l'eau après la confection. Même les tuyaux coulés avec le minimum d'eau se montraient le plus souvent durables par suite de ce traitement. Si les tuyaux sont coulés d'un mortier suffisamment humide, ils peuvent également être durables sans conservation à l'eau.

Les tuyaux de mortier 1:1½ ne se sont pas montrés meilleurs que les tuyaux de mortier 1:2 (fig. 17).

2. LES TUYAUX DE MORTIER DE CIMENT MOLIER (UN CIMENT DE POUZOLANE) étaient moins durables que les tuyaux de mortier de ciment Portland (fig. 20).

3. TUYAUX DE CIMENT PORTLAND IMPRÉGNÉS DE GOUDRON. Les tuyaux pauvres en ciment (1:5) imprégnés par immersion dans du goudron chaud peu fluide (fig. 27) avaient la même durabilité que les bons tuyaux de ciment Portland 1:2. La pellicule de goudron montrait cependant peu à peu des bulles (fig. 28), et bien qu'il ne se soit produit de ce fait aucun affaiblissement du tuyau au cours de l'essai, il faut préférer le procédé de fabrication consistant à confectionner une

paroi de tuyau imperméable dans toute l'épaisseur, ce qui est possible selon ce que nous venons de dire, plutôt que d'établir l'imperméabilité au moyen d'une couche superficielle susceptible de détérioration (voir aussi le paragraphe D, 4).

Les tuyaux imprégnés par immersion dans du goudron chaud très fluide ou par un enduit du même goudron à l'état froid, se sont détruits rapidement, bien que le traitement ait fortement augmenté l'imperméabilité.

4. TUYAUX DE CIMENT PORTLAND IMPRÉGNÉS D'ASPHALTE. Les tuyaux de mortier de ciment Portland 1:4 imprégnés d'asphalte sous pression étaient à peu près intacts à la fin de l'essai (fig. 22 et 24), bien qu'ils ne fussent pas tout à fait étanches. La couche d'asphalte à la surface extérieure du tuyau a fait des bulles au cours de l'essai (fig. 25). (Voir aussi le paragraphe D, 4).

D. ESSAIS DE BARRES DE MORTIER.

Comme il n'était possible d'essayer qu'un nombre très restreint de mortiers sous forme de tuyaux, et qu'on ne pouvait dans ces essais employer que l'eau contenant de l'acide carbonique comme agent, les essais de tuyaux ont été suppléés par des essais de barres, où des barres minces ont été exposées à l'attaque de l'acide lactique, carbonique ou chlorhydrique. Avant ces essais de résistance aux agents acides on a examiné les particularités ci-dessous mentionnées dans les paragraphes 1 et 2.

1. RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE A LA RUPTURE DES BARRES ET LA MANIÈRE DE CONSERVATION PENDANT LA PREMIÈRE SEMAINE. Ces essais avaient pour but d'étudier l'influence que la manière de conservation des mortiers pendant la première semaine exerce sur leur résistance finale, quand la conservation se fait du reste dans l'air du laboratoire. Les essais ont démontré que la résistance finale reste la même, que les mortiers soient conservés à l'eau ou à l'air très humide pendant la première semaine, et l'augmentation de la résistance de ces mortiers après la cinquième semaine était nulle ou très faible, probablement parce qu'ils étaient alors desséchés et qu'ils étaient trop imperméables pour que l'acide carbonique de l'air pût y pénétrer et occasionner un durcissement ultérieur. Si les mortiers n'étaient conservés qu'un jour à l'air humide, la résistance après cinq semaines était beaucoup moindre, mais en revanche elle a augmenté d'environ 25 pour cent pendant le mois suivant, sans doute par suite d'une absorption d'acide carbonique, et après 9 semaines ce n'était que la résistance à l'écrasement qui

était inférieure à celle qui a été constatée pour les deux méthodes de conservation humide (page 100).

2. PERTE DE RÉSISTANCE PAR SUITE D'HUMIDIFICATION. On a étudié la perte très considérable de résistance à la rupture subie par les mortiers pénétrés d'eau, perte qui est de conséquence pour tous les mortiers et bétons exposés aux intempéries. Les essais ont démontré entre autres choses que le mortier de ciment Portland desséché à l'air perd environ 30 pour cent de sa résistance, s'il est imbibé d'eau (fig. 31).

3. LA RÉSISTANCE AUX ACIDES DES CIMENTS PORTLAND, VELO (UN SUPERCIMENT) ET MOLER a été déterminée par des essais de résistance à la flexion et à la compression de barres ayant été exposées à l'attaque des acides. Si les résultats des essais peuvent être interprétés en peu de mots, ils démontrent que le ciment Velo ne possède aucun avantage sur le ciment Portland quant à la résistance aux acides, tandis que le ciment Moler est un peu plus résistant à cet égard, si le dosage au poids des mortiers comparés est égal. La différence n'est cependant pas assez considérable pour rendre profitable l'usage du ciment Moler.

Ainsi qu'il a été constaté antérieurement, la résistance à l'écrasement a diminué par suite de l'attaque des acides beaucoup plus que la résistance à la flexion.

4. INFLUENCE SUR LE RÉSISTANCE A LA RUPTURE ET AUX ACIDES DES MATIÈRES D'IMPRÉGNATION.

a. GOUDRON ET ASPHALTE. Les essais de barres imprégnées au moyen de goudron ou d'asphalte de la même manière que les tuyaux mentionnés ci-dessus ont confirmé les résultats des essais sur les tuyaux, à savoir que le goudron très fluide ne protège pas contre l'attaque des acides (fig. 32, 37 et 38), tandis que le goudron peu fluide et l'asphalte offrent une protection efficace (fig. 32, 33, 37 et 38). Le goudron peu fluide constitue un manteau protecteur, et il est donc applicable tant pour les mortiers maigres que pour les mortiers riches en ciment. Il n'est possible d'injecter de l'asphalte que dans les mortiers maigres, dans lesquels il pénètre cependant profondément (fig. 33) en offrant une protection très efficace, qui augmente avec la pression d'imprégnation. Il ne pouvait pas pénétrer dans un mortier 1:3 d'un mortier plastique (fig. 36), et contrairement au manteau de goudron le manteau d'asphalte couvrant les barres n'était pas à même de résister à l'attaque prolongée des acides.

b. VERRE SOLUBLE. L'imprégnation par immersion dans du verre soluble, qui exerce une influence favorable sur l'imperméabilité du mortier de ciment Portland, n'a augmenté considérablement ni la résistance à la rupture ni la résistance aux agents acides.

c. SAVON. L'addition de savon à l'eau de gâchage, qui exerce également une influence favorable sur l'imperméabilité du mortier de ciment Portland, n'a augmenté la résistance aux acides que des mortiers plastiques et cela dans une faible mesure seulement. Puisque une telle addition diminue considérablement la résistance à la rupture, le savon ne peut pas entrer en considération comme moyen de protection contre l'attaque des acides.

E. SOURCES D'ERREUR DANS LES ESSAIS D'IMPERMÉABILITÉ.

Ces essais ont été exécutés en vue d'éclaircir divers phénomènes énigmatiques constatés pendant les essais de tuyaux publiés en 1930, de même que pendant les essais de tuyaux mentionnés ici.

1. VARIATIONS PÉRIODIQUES DE L'IMPERMÉABILITÉ. Bien que la pression de l'eau soit maintenue tout à fait constante nuit et jour, le courant d'eau traversant la paroi du tuyau pouvait varier en intensité, soit de façon rythmique au cours de vingtquatre heures, soit plus fortement et plus irrégulièrement au cours de périodes plus longues, comme on le voit sur la figure 12. On a réussi à expliquer ces variations, qui sont dues à ce que l'eau dépose de temps en temps des bulles d'air dans les pores de la paroi du tuyau et les bouche, tandis qu'au contraire elle dissout par d'autres moments les bulles déposées, ce qui fait reprendre de l'intensité au courant. Les petites variations de températures en donnant lieu à ces dépôts ou à ces dissolutions de l'air peuvent exercer sur le courant une influence bien supérieure à celle qu'elles exercent sur le coefficient de frottement de l'eau.

Ces phénomènes ont été constatés d'abord avec de l'eau contenant de l'acide carbonique, qui suintait à travers la paroi du tuyau. Si l'on diminuait la teneur en acide carbonique de l'eau, les tuyaux se montraient moins imperméables, parce que les bulles d'acide carbonique déposées dans la paroi du tuyau étaient dissoutes. Si au contraire on augmentait la teneur en acide carbonique de l'eau, les tuyaux se montraient plus imperméables, puisque des bulles d'acide carbonique se sont déposées dans la paroi du tuyau (fig. 40).

On a démontré ensuite que dans le cas où le tuyau d'essai était relié directement à la conduite d'eau potable municipale, le degré d'imperméabilité variait d'un jour à l'autre et encore d'une manière rythmique dans le courant du jour, depuis un minimum à huit heures jusqu'à un maximum à vingt heures. En même temps on a mesuré la tendance de l'eau à déposer de l'air, et il s'est montré que les jours où cette tendance était forte coïncidaient avec les jours où le degré d'imperméabilité du tuyau était le plus haut et inversement

(fig. 41), et que le dégagement d'air et le degré d'imperméabilité du tuyau variaient de la même façon rythmique dans le courant du jour.

Il est probable que les variations dans les dégagements de l'air sont dues surtout à ce que l'eau du réseau arrive plus ou moins saturée d'air, suivant que la consommation dans la ville est plus ou moins forte, mais le fait que l'eau est plus froide que l'air, et que par conséquent sa température va en augmentant pendant son passage à travers la paroi du tuyau, exerce également une certaine influence. Quand cette augmentation de la température est forte, le dégagement d'air est intense.

2. DIMINUTION DE L'IMPERMÉABILITÉ PENDANT LES PREMIÈRES HEURES DE L'ESSAI. Le phénomène constaté par les essais antérieurs (voir le compte rendu: *Imperméabilité des Tuyaux de Ciment*), à savoir que l'imperméabilité d'un tuyaux de ciment plus ou moins grossièrement poreux diminue pendant les premières heures de l'essai, s'explique par le fait qu'au début les pores de la paroi du tuyau sont remplis d'air, qui peu à peu est chassé. On a eu confirmation de l'exactitude de cette explication en faisant circuler de l'eau dans un tuyau rempli de sable (fig. 43—45).

3. AUGMENTATION DU DEGRÉ D'IMPERMÉABILITÉ AVEC LE TEMPS. Les parois de tuyaux et de réservoirs d'eau ainsi que les barrages à travers desquels passe de l'eau non corrosive, deviennent étanches avec le temps. Dans le compte rendu: *Imperméabilité des Tuyaux de Ciment* il a été mentionné que la cause essentielle de cette imperméabilisation par soi-même doit être due à ce que le mortier fonctionne comme un filtre en retenant les impuretés de l'eau, qui obstruent les pores peu à peu, mais cette hypothèse n'a été prouvée que par un essai mentionné dans le compte rendu présent, essai qui portait sur un tuyau de ciment très poreux ($P_c : P_s = 1 : 10$) exposé alternativement à l'intérieur et à l'extérieur d'une pression d'eau (fig. 46). Tant que la direction de la pression restait la même, le tuyau devenait de jour en jour plus étanche. Quant le sens de la pression fut changé, le tuyau s'est montré aussitôt aussi perméable qu'au début, après quoi il a recommencé de s'imperméabiliser.

4. MOUVEMENT DE L'EAU A TRAVERS DES PAROIS IMPERMÉABLES EN APPARENCE. Les tuyaux dont la surface pendant les essais d'imperméabilité a conservé leur couleur blanche et sèche, sont caractérisés comme parfaitement imperméables dans le compte rendu. Par un essai particulier on a démontré que les parois de ces tuyaux peuvent également être traversées par de l'eau, dont la quantité est cependant si minime qu'elle s'évapore dans les pores avant d'atteindre la surface.

VII. HAUPTÜBERSICHT.

Wasserdurchlässigkeit und Säurebeständigkeit der Zementrohre sind von einem von *Dänischen Ingenieurverein* und vom *Verein der Dänischen Zementwarenindustrie* eingesetzten Ausschuss untersucht worden. Die Versuche sind im *Laboratorium für Bautechnik* an der dänischen technischen Hochschule ausgeführt worden.

Der erste Bericht des Ausschusses: *Wasserdurchlässigkeit der Zementrohre* wurde veröffentlicht in *Ingenieurwissenschaftliche Skrifter* B, Heft Nr. 3, Kopenhagen 1930, und auszugsweise in den Schriften des *Ersten internationalen Kongresses für Beton und Eisenbeton*, Liège 1930.

Der vorliegende abschliessende Bericht: *Säurebeständigkeit der Zementrohre* gibt Auskunft über die später ausgeführten Untersuchungen, deren Hauptergebnisse unten mitgeteilt sind. Insgesamt wurden 82 Rohre und 898 Prismen hergestellt und untersucht. Die Versuche wurden von dem Ingenieur des Laboratoriums, Herr *H. Dührkop*, geleitet, der auch bei der Bearbeitung der Versuchsmaterials mitgewirkt hat.

A. DIE HALTBARKEIT DÄNISCHER ZEMENTROHRE.

Nur in 15 Fällen sind Zerstörungen von Zementrohren im dänischen Erdboden festgestellt worden (Seite 3—9). Der Angriff ist beinahe immer von der Aussenfläche gekommen, und nur wenn die Rohre unterhalb des Grundwassers und in wasserführender Erde lagen, niemals im Tonboden, und nur wenn das Verhältnis Zement zu Sand 1 : 3 oder noch kleiner war. Zerstörungen von aus plastischen Mörtel hergestellten Rohren sowie von wassergelagerten oder von imprägnierten Rohren sind nicht bekannt.

B. DIE AGGRESSIVE EINWIRKUNG VON WASSER AUF ERHÄRTETEN ZEMENT.

Eine Übersicht ist auf S. 9—12 gegeben.

C. VERSUCHE MIT ROHREN UND KOHLENSÄUREHALTIGEM WASSER.

1. ROHRE AUS PORTLANDZEMENTMÖRTEL. Die Versuche, deren Zweck war festzustellen, inwiefern Zementrohre auf die Dauer eine Einwirkung von kohlenensäurehaltigem Wasser ertragen können, zeigen, dass diese Frage bejahend beantwortet werden kann. Kleine Rohre im Laboratorium hergestellt in einem Mischungsverhältnis 1:2 nach Gewicht und mit 8—10 % Wasser, wurden nach verschiedenartiger Lagerung der Einwirkung von kohlenensäurehaltigem Wasser ausgesetzt. Das Wasser wurde mit 0,2 at Überdruck ununterbrochen $3\frac{1}{4}$ Jahr lang durch die Rohre geleitet; als der Versuch unterbrochen wurde, waren diejenigen Rohre, die nach richtigen Grundsätzen hergestellt waren, immer noch dicht, und die einzige nachweisbare Wirkung der Kohlensäure war, dass eine ca. 0,7 mm dicke Mörtelschicht auf der Innenseite der Rohre sich aufgelöst hatte.

Die Haltbarkeit der nach falschen Grundsätzen hergestellten Rohre entsprach in der Regel dem Dichtigkeitsgrad der Rohre.

Wenn die Rohre sich undicht und unhaltbar zeigten, lag es wesentlich an mangelhaften Stampfflächen (Fig. 13—14). Je kleiner die Anmachwassermenge war, desto mehr traten die Mängel hervor. Dichtigkeit der Stampfflächen entlang und damit haltbare Rohre erhält man durch Lagerung der Rohre im Wasser nach der Herstellung. Selbst die ganz trocken gestampften Rohre zeigten sich nach dieser Behandlung gewöhnlich haltbar. Werden die Rohre aus einem genügend feuchten Mörtel gestampft, können sie auch haltbar werden ohne Wasserlagerung.

Rohre aus Mörtel 1:1 $\frac{1}{2}$ zeigten sich nicht besser als Rohre aus Mörtel 1:2 (Fig. 17).

2. ROHRE AUS MOLERZEMENTMÖRTEL waren weniger haltbar als Rohre aus Portlandzementmörtel (Fig. 20).

3. ROHRE AUS PORTLANDZEMENTMÖRTEL MIT TEER IMPRÄGNIERT. Dieselbe Dauerhaftigkeit wie die guten Portlandzementrohre 1:2 zeigten zementarme Rohre (1:5), die imprägniert waren durch Tauchen in warmen, dickfließender Teer (Fig. 27). Die Teerhaut bekam jedoch nach und nach Blasen (Fig. 28), und wenn das Rohr dadurch auch nicht während des Versuches geschwächt wurde, muss es als ein besseres Fabrikationsprinzip betrachtet werden eine durch und durch wasserdichte Rohrwand herzustellen, welches, wie oben erwähnt, möglich ist, statt die Wasserundurchlässigkeit mittels einer Ober-

flächenschicht, die beschädigt werden kann, herzustellen. Siehe auch unter D, 4.

Rohre, die durch Eintauchen in warmen leichtfließenden Teer oder durch Streichen mit demselben Teer im kalten Zustand imprägniert waren, wurden schnell zerstört, trotzdem die Behandlung die Wasserdurchlässigkeit sehr stark verringert hatte.

4. ROHRE AUS PORTLANDZEMENTMÖRTEL MIT ASPHALT IMPRÄGNIERT. Rohre aus Portlandzementmörtel 1:4 mit Asphalt unter Druck imprägniert, waren am Schluss des Versuches beinahe unangegriffen (Fig. 22 und 24), trotzdem sie nicht vollständig dicht waren. Die Asphalt-schicht auf der Aussenseite des Rohres erhielt Blasen während des Versuches (Fig. 25). Sie auch unter D, 4.

D. VERSUCHE MIT MÖRTELPRISMEN.

Da es nur möglich war eine sehr begrenzte Anzahl von Mörteln in Gestalt von Rohren zu prüfen, und nur mit kohlenensäurehaltigem Wasser, wurden die Rohrversuche durch Prismenversuche ergänzt, bei welchen dünne Prismen von verschiedenen Mörteln dem Angriff von Milchsäure, Kohlensäure oder Salzsäure ausgesetzt wurden. Vor diesen Säurebeständigkeitsversuchen wurden die unten unter 1 und 2 genannten Verhältnisse untersucht.

1. ABHÄNGIGKEIT DER MÖRTELFESTIGKEIT VON DER ART DER LAGERUNG IN DER ERSTEN WOCHE. Bei diesen Versuchen wurde der Einfluss der Lagerungsart der Mörtel in der ersten Woche auf ihre endgültige Festigkeit untersucht, wenn die Lagerung übrigens in Laboratoriumluft erfolgt. Die Versuche zeigten, dass die endgültige Festigkeit dieselbe wird, gleichgültig ob die Mörtel in der ersten Woche im Wasser oder in sehr feuchter Luft gelagert sind, und dass die Festigkeit dieser Mörtel nach 5 Wochen nicht oder nur wenig zunahm, wahrscheinlich weil die Mörtel dann ausgetrocknet waren, und weil sie sehr dicht waren, sodass die Kohlensäure der Luft nicht eindringen und eine Nacherhärtung herbeiführen konnte. Wenn die Mörtel nur 24 Stunden in feuchter Luft gelagert wurden, ergab sich nach 5 Wochen eine viel kleinere Festigkeit, aber andererseits nahm die Festigkeit in dem folgenden Monat um 25 % zu, unzweifelhaft wegen Aufnahme von Kohlensäure. Die Festigkeit nach 9 Wochen war nur bezüglich der Druckfestigkeit niedriger als nach den beiden feuchten Lagerungsarten (Seite 100).

2. FESTIGKEITSVERLUST DES MÖRTELS BEI WASSERTRÄNKUNG. Der sehr grosse Festigkeitsverlust, den der Mörtel bei Durchfeuchtung erleidet und

der für jeden Mörtel und Beton, der die Witterung ausgesetzt ist, Bedeutung hat, wurde untersucht. Aus den Versuchen geht unter anderem hervor, dass lufttrockner Portlandzementmörtel ca. 30 % seiner Festigkeit verliert, wenn er vom Wasser durchfeuchtet wird (Fig. 31).

3. SÄUREBESTÄNDIGKEIT VON PORTLAND-, VELO- UND MOLERZEMENT wurde durch Biegungs- und Druckversuche mit Prismen bestimmt, die Angriffe durch Säure ausgesetzt gewesen sind. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass Velozement hinsichtlich der Säurebeständigkeit keine Vorteile hat gegenüber dem Portlandzement, wogegen der Molerzement etwas widerstandsfähiger ist, wenn die Mörtel, die verglichen werden, das gleiche Mischungsverhältnis nach Gewicht haben. Der Unterschied ist jedoch nicht so gross, dass die Verwendung von Molerzement dadurch vorteilhaft wird.

Wie früher gefunden, wurde die Druckfestigkeit durch den Säureangriff in weit höherem Grad herunter gesetzt als die Biegefestigkeit.

4. EINFLUSS DER IMPRÄGNIERUNGSMITTEL AUF FESTIGKEIT UND SÄUREBESTÄNDIGKEIT.

a. TEER UND ASPHALT. Versuche mit Prismen imprägniert mit Teer oder Asphalt wie die früher besprochenen Rohre bestätigen die Ergebnisse der Rohrversuche, dass leichtfliessender Teer kein Schutzmittel gegen Säureangriff ist (Fig. 32, 37, 38), während dickfliessender Teer und Asphalt einen wirksamen Schutz bieten (Fig. 32, 33, 37, 38). Der dickfliessende Teer bildet einen schützenden Mantel und ist deswegen anwendbar sowohl bei zementarmen wie bei zementreichen Mörteln. Der Asphalt lässt sich nur in zementarmen Mörteln einpressen, in diese drängt er aber sehr tief ein (Fig. 33), und bietet einen sehr wirksamen Schutz, der mit dem Imprägnierungsdruck wächst. In einen plastisch hergestellten Mörtel 1:3 liess er sich nicht einpressen (Fig. 36) und der Asphaltmantel, der sich um die Prismen bildete, war im Gegensatz zu dem Teermantel nicht im Stande, einem lange dauernden Säureangriff Stand zu halten.

b. WASSERGLAS. Imprägnierung durch Eintauchung in Wasserglas, welche Behandlung die Wasserdurchlässigkeit des Portlandzementmörtels verringert, erhöht weder die Festigkeit noch die Säurebeständigkeit im wesentlichen Grad.

c. SEIFE. Zusatz von Seife zu dem Anmachwasser hat ebenfalls eine nützliche Einwirkung auf die Wasserundurchlässigkeit des Portlandzementmörtels, erhöhte aber nur bei plastischen Mörteln die Säurebeständigkeit und nur im geringen Grad, und da sie gleichzeitig eine grosse Verringerung der Festigkeit herbeiführte, kann Seife als Schutzmittel gegen Säure somit nicht in Frage kommen.

E. FEHLERQUELLEN BEI WASSERDURCHLÄSSIGKEITSVERSUCHEN.

Diese Versuche wurden ausgeführt um verschiedene rätselhafte Erscheinungen aufzuklären, die bei den in 1930 veröffentlichten Rohrversuchen auftraten, und ebenfalls bei den hier vorliegenden Rohrversuchen.

1. DIE PERIODISCHEN SCHWINGUNGEN DER WASSERDURCHLÄSSIGKEIT. Trotzdem der Wasserdruck Tag und Nacht genau konstant gehalten wurde, konnte die Intensität des durch die Rohrwand gehenden Wasserstroms variieren, teils rhythmisch im Laufe von 24 Stunden, teils kräftiger und mehr unregelmässig im Laufe von längeren Perioden, wie Fig. 12 es z. B. zeigt. Es ist gelungen, diese Variationen zu erklären und zwar dadurch, dass das Wasser zeitweise Luftblasen in die Poren der Rohrwand ausscheidet, die dadurch verstopft werden, während zu anderen Zeiten diese Blasen aufgelöst werden, wodurch die Stromstärke wieder steigt. Kleine Temperaturvariationen können dadurch, dass sie solche Ausscheidungen oder Aufnahmen von Luft herbeiführen, einen weit grösseren Einfluss auf die Stromstärke ausüben als durch ihre Einwirkung auf die Reibungszahl des Wassers.

Diese Erscheinungen wurden zuerst bei kohlenensäurehaltigem Wasser nachgewiesen, dass durch die Rohrwand sickerte. Verringerte man den Kohlenensäuregehalt des Wassers, zeigten die Rohre sich durchlässiger, weil die in der Rohrwand sitzenden Kohlenensäureblasen aufgelöst wurden. Vergrösserte man den Kohlenensäuregehalt des Wassers, zeigten die Rohre sich undurchlässiger, weil Kohlenensäureblasen in die Rohrwand abgesetzt wurden (Fig. 40).

Weiter wurde nachgewiesen, dass die Wasserdurchlässigkeit, wenn das Versuchsrohr direkt an der städtischen Trinkwasserleitung angeschlossen war, von Tag zu Tag variierte und ausserdem rhythmisch im Laufe von 24 Stunden von einem Maximum um 8 Uhr bis zu einem Minimum um 20 Uhr. Gleichzeitig wurde die Neigung des Wassers zur Luftausscheidung gemessen, wobei es sich zeigte, dass Tage mit geringer Luftausscheidung mit solchen Tagen zusammenfielen, in welchen das Rohr sich sehr wasserundurchlässig zeigte, und umgekehrt (Fig. 41). Ausserdem zeigte sich, dass die Luftausscheidung des Wassers im Laufe von 24 Stunden rhythmisch variierte ebenso wie die Wasserdurchlässigkeit.

Die Variationen in der Luftausscheidung entstehen vermutlich am meisten dadurch, dass das Leitungswasser mehr oder weniger luftgesättigt ankommt, je nachdem der Verbrauch in der Stadt grösser oder kleiner ist; es spielt aber auch eine Rolle, dass das Wasser kälter als die Luft ist, und deswegen während des Durchganges durch die Rohr-

wand erwärmt wird. Ist diese Erwärmung stark, wird die Luftauscheidung gross.

2. ZUNAHME DER WASSERDURCHLÄSSIGKEIT IN DEN ERSTEN STUNDEN DES VERSUCHES. Die bei früheren Versuchen (*Wasserdurchlässigkeit der Zementrohre*, 1930) gemachten Beobachtungen, dass die Wasserdurchlässigkeit eines mehr oder weniger grobporigen Zementrohres während der ersten Stunden des Versuches zunimmt, wird dadurch erklärt, dass die Poren im Anfang mit Luft zugestopft sind, die nach und nach ausgetrieben wird. Die Richtigkeit dieser Erklärung erhielt man bestätigt, wenn man Wasser durch Sand in einem Glasrohr eingeschlossen fliesen liess (Fig. 43—45).

3. ABNAHME DER WASSERDURCHLÄSSIGKEIT IM LAUFE DER ZEIT. Wenn Rohrwände, Wasserbehälterwände und Dämme von Wasser, das nicht aggressiv ist, durchströmt werden, zeigen sie sich im Laufe der Zeit undurchlässiger. Dass die wesentlichste Ursache hierzu die sein muss, dass der Mörtel wie ein Filter wirkt, das die Unreinigkeiten des Wassers zurückhält und deswegen verstopft wird, wurde in *Wasserdurchlässigkeit der Zementrohre* 1930 erwähnt, aber erst bewiesen durch einen in dem vorliegenden Bericht beschriebenen Versuch mit einem sehr porösen Zementrohr ($P_z:P_s=1:10$), das abwechselnd einem inneren und äusseren Wasserdruck ausgesetzt wurde (Fig. 46). Solange die Druckrichtung konstant gehalten wurde, dichtete sich das Rohr von Tag zu Tag. Als die Druckrichtung gewechselt wurde, zeigte das Rohr sich gleich ebenso durchlässig wie ursprünglich, wonach es wieder anfing dichter zu werden.

4. WASSERBEWEGUNG DURCH SCHEINBAR DICHTER ROHRWÄNDE. Die Rohre, welche bei den Wasserdurchlässigkeitsversuchen eine weiss-trockene Oberfläche bewahrte, sind in dem Bericht als vollkommen wasserundurchlässig bezeichnet. Durch einen besonderen Versuch wurde nachgewiesen, dass auch durch solche Rohrwände Wasser geht, aber so wenig, dass es in den Poren verdampft, bevor es die Oberfläche erreicht hat.

NYERE LITTERATUR OMHANDLENDE CEMENTMØRTELS TÆTHED OG SYREFASTHED.

- DANSK INGENIØRFORENING: *Normer for Betonrør*. København 1920
L. ZIMMERMANN: *Ueber die Einwirkung von Magnesiumsulfat-Lösung auf Mörtel und Beton*. Charlottenburg 1920
E. SUENSON: *Bakkesand som Mørtelmateriale*. »Ingeniøren« S. 729—65. København 1920
E. SUENSON: *Humusholdigt Sand som Mørtelmateriale*. »Ingeniøren« S. 565—77. København 1922
M. GARY: *Versuche über das Verhalten von Mörtel und Beton im Moor*. Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Moorausschuss, Heft 49. S. 1—172. Berlin 1922
E. SUENSON: *Forsøg med Alcement-Lafarge*. »Ingeniøren« S. 61—71. København 1923
H. GESSNER: *Die chemischen Ursachen von Betonzerstörungen durch Grundwässer und Böden*. Eidg. Matprüfungsanst. Zürich. Diskussionsbericht Nr. 4, II. S. 3—17. Zürich 1925
BRUNO ZSCHOKKE: *Die Widerstandsfähigkeit des Betons gegen chemische Einflüsse der Böden und Grundwässer*. Eidg. Matprüfungsanst. Zürich. Diskussionsbericht Nr. 4, I. S. 3—9. Zürich 1925
DANSK INGENIØRFORENING: *Normer for Cementvarer*. København 1926
W. H. GLANVILLE: *The permeability of portland cement concrete*. Building research. Technical paper No. 3. S. 1—50. London 1926
R. GRÜN: *Der Beton*. S. 1—185. Berlin 1926
G. M. WILLIAMS & IRVING FURLONG: *Durability of cement drain tile and concrete in alkali soils*. Fourth progress report (1923). Bureau of standards, Technologic papers, No. 307. S. 191—240. Washington 1926
E. SUENSON: *Magniumklorid som Mørteltilsætning*. »Ingeniøren« S. 545—59. København 1926
GUSTAV MERKLE: *Wasserdurchlässigkeit von Beton in Abhängigkeit von seinem Aufbau und vom Druckfalle*. S. 1—65. Berlin 1927
RAGNAR SCHLYTER: *Skador hos Betong*. Stockholm 1927
KOMMISSION ZUR PRÜFUNG DES VERHALTENS VON ZEMENTRÖHREN IN MELIORATIONS-BÖDEN: *Normen für die Herstellung von Zementröhren*. Eidg. Matprüfungsanst. Zürich. Diskussionsbericht Nr. 29. S. 6—109. Zürich 1928
RIKARD V. FROST & ERIK J:SON VIRGIN: *Betongs och speciellt betongrörs beständighet mot vatten*. Meddelande 48 från Statens Provninganstalt. Stockholm 1929
KUNGL. VATTENFALLSSTYRELSEN: *Redogörelse för Undersökningar angående orsakerna till förstörelse av betong i vattenbyggnader*. Tekn. Meddelanden från kungl. Vattenfallsstyrelsen. Ser. B, Nr. 16. S. 5—144. Trollhättan 1929

- INGE LYSE & MC. MILLAN: *Some permeability studies of concrete*. Journal of the American Concrete Institute. Vol. 1, No. 2. S. 101—42. Detroit 1929
- J. LÖVENTHAL: *Beskrivelse af Statsprøveanstaltens Apparat til Undersøgelse af Beton-Mørtels Vandgennemtrængelighed*. Beretning om Statsprøveanstaltens Virksomhed i Finansaaret 1928—29. København 1929
- E. PROBST & KARL E. DORSCH: *Die Einwirkung chemisch aggressiver Lösungen auf Zement und Mörtel*. »Zement« Nr. 10—11. Berlin 1929
- E. SUENSON: *Mælkesyre, Mørtel og Klinkergulve*. »Ingeniøren« Nr. 42. København 1929
- DEN NORSKE INGENIÖRFÖRENINGENS BETONGKOMITÉ: *Undersökelse av Skader på våre Betongdammer og Brudstensdammer i Mörtel. Årsak og Botemidler*. Meddelelse Nr. 1. S. 1—272. Oslo 1930
- A. EKWALL: *Deterioration of concrete in hydraulic structures*. Erste Mitteilungen des Neuen internationalen Verbandes für Materialprüfungen. Band B. S. 162—66. Zürich 1930
- B. F. HALVORSEN: *Aarsaker til Skader paa Betonbygverk i Vand, og hvilke Midler har vi i Dag til Bekjæmpelse av saadanne Skader*. Ingeniørvidensk. Skrifter. B. Nr. 2. S. 773—823. København 1930
- A. KLEINLOGEL: *Einflüsse auf Beton*. Berlin 1930
- A. POULSEN: *De la compacité du beton et de sa resistance aux agents chimiques*. Erste Mitteilungen des Neuen internationalen Verbandes für Materialprüfungen. Band B. S. 157—61. Zürich 1930
- J. O. ROOS AF HJELMSÄTER: *Resistance of concrete pipes to corrosion by water*. Erste Mitteilungen des Neuen internationalen Verbandes für Materialprüfungen. Band B. S. 144—48. Zürich 1930
- E. SUENSON: *Cementrørs Vandtæthed*. Ingeniørvidenskabelige Skrifter B. Nr. 3. S. 5—76. København 1930
- E. SUENSON: *Die Wasserdurchlässigkeit von Zementröhren*. Premier Congrès International du Béton et du Béton armé. S. 1—19. Liège 1930
- NIELS SUNDIUS: *Till frågan om kolsyrehaltigt vattens inverkan paa betong*. »Betong« Häft. 2. S. 41—52. Stockholm 1930
- H. BURCHARTZ: *Versuche über das Verhalten verschiedener Zemente und Betonschutzmittel im Moor*. Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Moorausschuss, Heft 64. S. 1—63. Berlin 1931
- OTTO GRAF: *Versuche über Wasserdurchlässigkeit von Zementmörtel und Beton*. Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Heft 65. S. 1—48. Berlin 1931
- E. PROBST & KARL E. DORSCH: *Neuere Untersuchungen über die Einwirkung chemisch aggressiver Lösungen auf Zement und Mörtel*. S. 3—15. Karlsruhe 1931
- B. TREMPER: *The effect of acid waters on concrete*. Journal of the American Concrete Institute. Vol. 3. No. 1. S. 1—32. Detroit 1931
- KURT WALZ: *Die heutigen Erkenntnisse über die Wasserdurchlässigkeit des Mörtels und des Betons*. Forscherarbeiten auf dem Gebiete des Eisenbetons. Heft XXXV. S. 1—92. Berlin 1931
- E. MADGWICK: *Properties of Porous Building Materials*. Philosophical Magazine, Ser. 7, vol. XII. London 1931, 1932
- J. LÖVENTHAL: *Nogle Forsøg vedrørende Vandgennemtrængelighed af Mørtler af Portlandcement og Molerement*. Beretning om Statsprøveanstaltens Virksomhed i Finansaaret 1931—32. København 1932

- J. O. ROOS AF HJELMSÄTER: *Chemical action of aggressive waters on cement*. International association for testing materials. Congrès de Zürich 1931. I. S. 598—619. Zürich 1932
- STATENS PROVNINGSANSTALT: *Normalbestämmelser för Leverans och Prövning av betongrör för avloppsledningar och arbetsförfarende vid provning*. Meddelande 54. S. 1—13. Stockholm 1932
- E. SUENSON: *Magniumklorids Indvirkning paa Jern, Kalk og Portlandcement*. »Ingeniøren« Nr. 22. København 1932
- E. SUENSON: *Molerementmörtel*. »Ingeniøren« Nr. 38. København 1932
- G. WIEGNER: *Chemische Einflüsse auf Zement und Beton im Boden*. Internationaler Verband für Materialprüfung. Congrès de Zürich, 1931. I. S. 620—643. Zürich 1932
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS: *Standard Specifications for Cement-Concrete Sewer Pipe*. S. 207—17. A. S. T. M. Standards, Part II. Philadelphia 1933
- J. LÖVENTHAL: *Om Mørtler af Portlandcement og Molerement*. Statsprøveanstaltens Aarsberetning 1932—33. S. 13. København 1933
- E. SUENSON: *Steinholz auf Beton*. »Der Bautenschutz« Heft 3. Berlin 1933
- H. BURCHARTZ & W. H. GONELL: *Versuche über das Verhalten von Betonschutzmitteln gegenüber der Einwirkung aggressiver Flüssigkeiten*. Deutscher Ausschuss für Eisenbeton, Moorausschuss, Heft 72. S. 1—85. Berlin 1933
- G. S. LALIN: *Vattentålhet hos betong*. »Betong« S. 138—47. Stockholm 1933
- O. GRAF & K. WALZ: *Versuche über den Einfluss verschiedener Zemente auf die Widerstandsfähigkeit des Betons in angreifenden Wässern*. »Zement« Nrn. 27—28, 31—33. Berlin 1934
- HJALMAR GRANHOLM, DONOVAN WERNER & STIG GIERTZ-HEDSTRÖM: *Utredning angående lämpligheten av betongrör till vägtrummor*. »Betong« Häft. 1. S. 1—84. Stockholm 1934
- HERMANN GOEBEL: *Schutzmassnahmen an Bau- und Werkstoffen in Industriebetrieben mit besonderer Berücksichtigung von Zement und Beton*. Berlin 1934
- HANS KÜHL, I. PARGA-PONDAL & S. BAENTSCH: *Der Wasserdurchgang als Mittel zur Untersuchung von Korrosionserscheinungen an Mörtelwasser*. Mitt. a. d. Zementtechn. Inst. d. Techn. Hochschule Berlin, XXXVII. Berlin 1934
- E. RENGADÉ: *Action des eaux pures sur les mortiers ou betons*. Quatorzième congrès de chimie industrielle. S. 1—12. Paris 1934
- M. ROS: *Die unarmierten Zementrohre der A.-G. Hunziker & Cie*. Eidg. Matprüfungsanst. Zürich. Bericht Nr. 81. Zürich 1934
- SVENSKA CEMENTFÖRENINGEN: *Betongrör*. Stockholm 1935

INGENIØRVIDENSKABELIGE SKRIFTER

A.

UDGIVET AF

DANMARKS NATURVIDENSKABELIGE SAMFUND

VED UDVALGET FOR INGENIØRVIDENSKABELIG FORSKNING

- A. 1. *M. Rubner*: Aus dem Leben einer Zelle. 1913. (Pris: Kr. 0,50).
2. *Niels Bjerrum*: Nyere Undersøgelser over Atomernes Bevægelser med særligt Henblik paa Kvantehypotesen. 1915. (Pris: Kr. 0,50).
3. *Kølpin Ravn*: Om Agerbruget paa St. Croix. 1915. (Pris: Kr. 0,50).
4. *Fru Kirstine Meyer*: Ole Rømer. Ved Afsløring af Ole Rømer Statuen. 1918. (Pris: Kr. 0,50).
5. *E. Strömngren*: Ole Rømer som Astronom. 1918. (Pris: Kr. 0,50).
6. *M. C. Harding*: Ole Rømer som Ingeniør. 1918. (Pris: Kr. 0,50).
7. *E. S. Mitscherlich*: Om Vækstfaktorernes Virkningslov. 1921. (Pris: Kr. 0,50).
8. *A. Wegener*: 1) Kontinenternes Forskydning. 2) Jordskorpens Natur. 3) Fortidens Klimater. 1922. (Pris: Kr. 0,50).
9. *F. C. Becker, C. Janholm og P. E. Raaschou*: Om Tørringsprocessen. 1925. (Pris: Kr. 0,50).
10. *A. Oppermann*: Nyere Principper i Skovdyrkingen. 1925. (Pris: Kr. 1,50).
11. *P. E. Raaschou* med Assistance af *N. C. Janholm* og *A. Ramløv*: En Undersøgelse over Varmeøkonomien ved Gasværksaovne. 1926. (Pris: Kr. 1,00).
12. Ingeniørkaptajn *K. Prytz* i Samarbejde med Professor *G. Schönweller* og Ingeniør *Th. Claudi Westh*: Sammenhængen mellem Nedbør og Tilstrømning til Nissum Fjord. 1926. (Pris: Kr. 1,50).
13. *P. E. Raaschou* og *V. Ahrend Larsen*: En Undersøgelse over Bomuldstoffernes Paavirkning ved Vask, specielt med perboratholdige Vaske-midler. 1927. (Pris: Kr. 1,50).
14. *H. I. Hannover*: Om Molersten, — en betydningsfuld dansk Specialindustris Udvikling. 1927. (Pris: Kr. 2,50).
- 15a & b. *P. O. Pedersen*: The Propagation of Radio Waves. 1927. (Pris: Kr. 15,00).
16. *A. Ostefeld*: Polyteknisk Lærestalts Laboratorium for Bygningsstatik I. 1928. (Pris: Kr. 1,50).
17. *K. W. Johansen*: Om Virkningen af Bøjler og Skraajærn i Jærnbetonbjælker. 1928. (Pris: Kr. 2,00).
18. *P. O. Pedersen*: Et Par Anvendelser af elektriske Udladninger i Maaletekniken: Smaatidsmaaling og Klydonograf. (Pris: Kr. 1,00).
19. *A. Ostefeld*: Exzentrisch beanspruchte Säulen, Versuche mit Holzsäulen, Querschnittsbemessung. With an English Summary. 1929. (Pris: Kr. 3,00).
20. *Vilhelm Marstrand*: Ingeniøren og Fysikeren Ludvig August Colding. Minde-skrift i Anledning af Den polytekniske Lærestalts Hundreedaarsfest. 1929. (Pris: Kr. 2,00).
21. *A. Ostefeld*: Exzentrisch beanspruchte Säulen, Versuche mit Stahlsäulen Querschnittsbemessung. With an English Summary — Avec un résumé en français. 1930. (Pris: 3,00).

22. *Axel Bendixsen*: Beregning af Spændingerne i krumme Flader, specielt Kuglefladen. Mit einem deutschen Resumé. 1930. (Pris: Kr. 3,00).
23. *J. O. V. Irminger* and *Chr. Nøkkentved*: Wind-Pressure on Buildings. Experimental Researches. 1930. (Pris: Kr. 10,00).
24. *Jul. Hartmann*: The Jet-Wave Rectifier. 1931. (Pris: Kr. 30,00).
25. *Waller Engel*: Die heutige theoretische Grundlage der Materialprüfung der Metalle. 1931. (Pris: Kr. 3,00).
26. *A. Ostfeld*: Exzentrisch beanspruchte Säulen III beliebige Exzentrizität. Versuche mit Holz- und Stahlsäulen. With an English summary. 1931. (Pris: Kr. 4,00).
27. *K. Prytz*: Messung der Wasserführung von Dränsträngen. 1931. (Pris: Kr. 0,75).
28. *Fr. Johannsen*: Ingeniør C. Winsløw's Teori om Jordoverfladens Udformning ved planetariske Kræfter. Avec un résumé en français. 1931. (Pris: Kr. 0,50).
29. *Dansk Selskab for Bygningsstatik* og *Dansk Ingeniørforenings Udvalg for rationel Betonblanding*: Forsøg med Beton og Tilslagsstoffer. Mit einer deutschen Zusammenfassung. 1931. (Pris: Kr. 2,50).
30. *William Rung*: Tafeln zur Berechnung von Hochspannungsleitungen bis 1000 km Länge nebst kurzer Theorie. 1931. (Pris: Kr. 4,50).
31. *Niels Engel*: Untersuchungen über die Stahlhärtung. 1931. (Pris: Kr. 10,00).
32. *The Technical Staff of the Copenhagen Telephone Company*: The Development of Telephonic Communication in Copenhagen 1881—1931. 1932. (Pris: Kr. 8,00).
33. *K. Prytz*: Der Kreislauf des Wassers auf unberührtem Hochmoor. 1932. (Pris: Kr. 3,00).
34. *Poul Vinding*: Beiträge zur Lehre der Elektrizitätstarife. 1933. (Pris: Kr. 10,00).
35. *P. O. Pedersen*: Sub-Harmonics in Forced Oscillations in Dissipative Systems. 1933. (Pris: Kr. 8,00).
36. *Hydrologische Untersuchungen*. Die anlässlich geplanter Wassergewinnungsanlagen für die Wasserversorgung Kopenhagens längs der östlichen Seite von Roskilde Förde bei Marbjerg und Brokilde (St. Valby) unternommen wurden. 1934. (Pris: Kr. 3,00).
37. *M. O. Jørgensen*: Experimental Investigations regarding the Applicability of Lichtenberg Figures to Voltage Measurement. (Pris: Kr. 2,00).
38. *P. O. Pedersen*: Radiation from a Vertical Antenna over flat perfectly Conducting Earth. 1935. (Pris: Kr. 6,00).
39. *Paul Neményi*: A new Device for Direct Stream Field Studies and its Applications. 1935. (Pris: Kr. 3,00).
40. *E. Suenson*: Die Einwirkung von Salzsäure auf Ziegelsteinfassaden. 1935. (Pris: Kr. 5,00).

B.

UDGIVET AF

DANSK INGENIØRFORENING

- B. 1. Isolatorbindinger. Udvalgsberetning. 1929. (Pris: Kr. 1,25).
2. Beretning om Det nordiske Ingeniørmøde i København 28.—31. August 1929 samt om Den polytekniske Lærestalts 100-Aars Fest. 1930. (Pris: Kr. 10,00).
3. *E. Suenson*: Cementrørs Vandtæthed. With an English Summary. 1930. (Pris: Kr. 2,50).

4. *Anker Engelund*: Alssundbroen. With an English Summary. 1930. (Pris: Kr. 3,00).
5. *Henry Stjernqvist*: Studier i Elektricitetsværks Statistik. With an English Summary. 1931. (Pris: Kr. 2,50).
6. *Emanuel Hansen & Poul Vinding*: Undersøgelser angaaende Stofskiftet ved Træningsarbejder for Røgdykkere. 1932. (Pris: Kr. 1,00).
7. *A. Rye Clausen*: Bidrag til en rationel Bestemmelse af Tidspunktet for Fornyelsen eller Ændringen af et producerende Anlæg. 1932. (Pris: Kr. 1,50).
8. *P. Rønne*: Rørkrumning i Vandrørskedlen. Aarsag og Følger. 1932. (Pris: Kr. 1,50).
9. *G. Schonweller*: On Some Hydraulic Model Tests. Performed in 1929—31 for the Board of Maritime Works of the State of Denmark. 1933. (Pris: Kr. 2,00).
10. *C. W. Prohaska*: Simpler Equations for Catenarys. Avec un résumé en français. 1933. (Pris: Kr. 1,50).
11. *Chr. Broen Christensen*: Om Opfyldning paa Ietforskydelig Jordbund. With an English Summary. 1934. (Pris: Kr. 1,50).
12. *P. O. Pedersen*: Miscellaneous Papers. 1934. (Pris: Kr. 6,00).
13. *P. Rønne*: Umlaufverhältnisse im Wasserrohrkessel während des Anheizens. 1935. (Pris: Kr. 1,50).
14. *Wm. Rung*: Kortslutninger og deres Følger. 1935. (Pris: Kr. 3,50).
15. *E. Suenson*: Cementrørs Syrefasthed. Beretning afgivet af et af Dansk Ingeniørforening nedsat Udvalg for Undersøgelse af Cementrørs Vandtæthed og Syrefasthed. Med Resumé paa Engelsk, Fransk og Tysk. 1935. (Pris: Kr. 7,50).
16. *Afsluttende Beretning fra Udvalget angaaende Isolatorbindinger*. 1935. (Pris: Kr. 1,50).