

KGL. BIBL. KBH.
DANSKE AFD.
BIBESAMLING

E. SUENSON: MURSALTE

1941 2494

MURSSALTE AF PROFESSOR E. SUENSON

	Side		Side
A. Vandbevægelser i Mure	1	D. Saltaflejringerne Form	7
B. Saltbevægelser i Mure	4	E. Saltene Virkninger	9
C. Saltene Art	6	F. Saltene Fjernelse	11

De hvide Salte, der fremkommer paa tørrende Murværk og ofte kaldes Mursalpeter, er kun yderst sjældent Salpeter, men andre vandopløselige Salte, der kan stamme fra forskellige Kilder:

1. De kan allerede ved Murens Opførelse have været i Stenene eller Mørtlen;
2. De kan være dannede i Muren af syreholdigt Regnvand;
3. Muren kan have opsuget dem fra Jorden.

Naar Muren tørrer, trækker Vandet fra det indre ud i Overfladen medførende de opløste Salte, som udfældes, naar Vandet fordamper. Saltene Fremkomst skyldes altsaa Vandbevægelser; paa en tør Mur fremkommer ingen Salte.

Nødvendige Betingelser for Saltudslag er følgende:

1. At Muren indeholder vandopløselige Salte;
2. At der foregaar Vandbevægelser i Muren.

Disse Bevægelser skal først omtales.

A. VANDBEVÆGELSER I MURE

Vand kan trænge ind i en Mur paa to Maader:

1. Under Indflydelse af en i Forhold til Muren ydre Kraft (Tyngden, Vindtryk). En saadan Kraft kan ikke blot føre Vandet ind i Muren, men ogsaa presse det gennem Muren, saa det strømmer ud af dennes modstaaende Flade.
2. Under Indflydelse af Porenes Haarrørskraft. Denne kan kun suge Vand ind i Muren, kan ikke presse det ud igen; saasnart Poren er fyldt, standser Bevægelsen.

Vandstrengen i Haarrøret virker i visse Henseender som en Elastik, der i spændt Tilstand er fæstnet til Rørvæggen langs de to Cirkler a—a, der skiller mellem Væggens vaade og tørre Del (Fig. 1); den frembringer altsaa et aksialt Tryk i Rørvæggen paa Strækningen mellem de to Cirkler. Haarrørskraften er knyttet til Vandoverfladens Krumning og forsvinder med denne; suger eller presser man en Vandstrøm gennem et fyldt Haarrør, er Haarrørskraften uvirksom.

I Sand og Jord virker Mellemmrummene mellem Partiklerne som Haarrør. En Klump vaad Jord

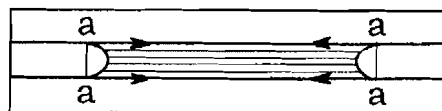


Fig. 1. En Vandstreng i et Haarrør udøver et Længdetryk i dette.

holdes i Luften sammen af Haarrørskraften, idet der i alle Poremundinger forefindes en konkav Vandhinde, der trykker indefter; lægges Klumpen i Vand, flyder den ud, fordi Vandhinderne forsvinder.

Naar en Sten lægges i Vand, er det de fine Porer, der virker som Haarrør og suger, medens Luften undviger gennem de grovere Porer, som Vandet i Begyndelsen ikke kan trænge ind i, fordi dets Overfladespænding er for lille i Forhold til den udstrømmende Lufts Overtryk. Gennem de grove Porer presses Luften ud til alle Sider, ogsaa nedad; der kan samle sig store Luftblærer paa Stenens Underside. Naar Grundvandet suges op i en Mur, er det ligeledes de fine Porer, der virker som Haarrør.

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

Haarrørskraften — og dermed den mulige Stighøjde — er des større, jo finere Poren er, og jo koldere Vandet er. Kraften er omvendt proportional med Porens Diameter; hvis derfor et snævrere og et videre Haarrør staar i Forbindelse med hinanden, vil det snævre fylde sig helt paa det vides Bekostning.

Den mulige Stighøjde kan beregnes, naar man kender Porens Diameter, men Beregningen er baseret paa Forudsætninger, som kun delvis passer i Virkeligheden. Den maksimale Stighøjde i Murværk bestemmes i mindre Grad af Porediameteren end af andre Forhold og navnlig af Fordampningen. Vandet bevæger sig langsomt og fordampes paa Vejen, saa den maksimale Stighøjde bestemmes af Fordampningens Størrelse. Naar Vandet er steget saa højt, at der hver Time fordampes samme Vandmængde, som Muren suger til sig fra Grundvandet, stiger det ikke højere. Derfor træffer man sjældent større Stighøjde end 2 m, men beklædes en saadan Mur med tætte Fliser paa begge Sider, kan Fugtigheden stige højere.

Den Rolle, Forholdet mellem Vandtilførsel og Fordampning spiller, fremgaar af Fig. 2, der viser, at en Teglsten suger Vandet højest op paa de Steder, hvor Fordampningen er mindst. Tilsvarende kan man paa Hussokler se, at den Grænselinie, til hvilken den suger Grundvandet op, sænker sig i de udadgaende Hjørner.

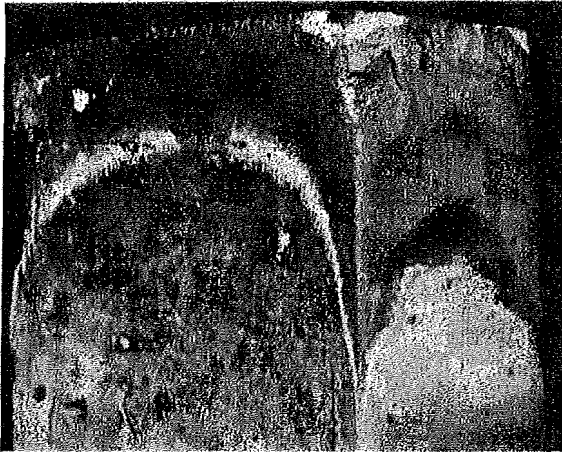


Fig. 2. Øvre Ende af Teglsten, hvis nedre Ende har været stillet paa frisk Kalkmørtel, fra hvilken Stenen har sugt Vandet op til noget over den Højde, som de hvide Saltbuer (Alkalisulfater) viser. Vandet er naaet højest op midt paa Bredsiderne og mindst højt i Kanterne, da Vandet i disse kan jordampe til to Sider. Stenen er fotograferet i tør Tilstand.

Hastigheden, med hvilken Vandet bevæger sig i Porens Længderetning, vokser med dennes Tværmaal og med Vandets Temperatur. Er disse Størrelser givne, vil Vandets lodrette Hastighed være større i en lodret, retliniet Pore end i en Proptrækkerpore. I en Mur er den lodrette Hastighed sjældent over nogle faa mm pr. Minut, og den aftager jævnt fra Sugningens Begyndelse, og indtil Maksimalhøjden er naaet; Grunden hertil er, at den løftende Kraft stadig er den samme, medens den løftede Vandstreng bliver tungere og tungere og Friktionsmodstanden større og større.

I en Sten med fine Porer stiger Vandet altsaa langsomt, men det naar højt til Vejrs; i en Sten med grove Porer stiger Vandet hurtigere, men det naar ikke saa højt op.

I Laboratoriet for Byggeteknik har vi undersøgt Vandets Stigningshastighed i Molersten og i almindelige Flamsten ved at stille Stenene paa Enden i en lav Vandbakke i Stueluft og maale Stigningshøjden over Bakkens Vandspejl paa forskellige Tidspunkter (Fig. 3).

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

Ved et andet Forsøg opbyggedes en 150 cm høj Pille af Molersten paa Fladen og med Trækpapir mellem Stenene i Stedet for Mørtelfuger; Stenene

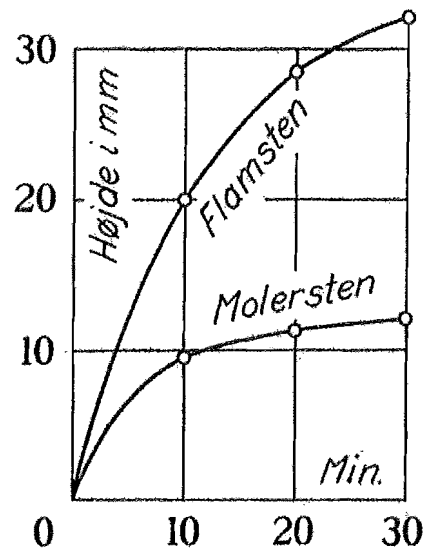


Fig. 3. Vands Stigningshastighed i Flamsten og i Molersten.

var halverede, saa Pillens Tværsnit var ca. 11·11 cm. Pillen stod i en flad Vandbakke og var omgivet af et Glasrør, der saa godt som udelukkede Fordampning. En tilsvarende Pille opbyggedes af gule, haandstrøgne Facadesten. Vandets Stigningshastighed fremgaar af Fig. 4.

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

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

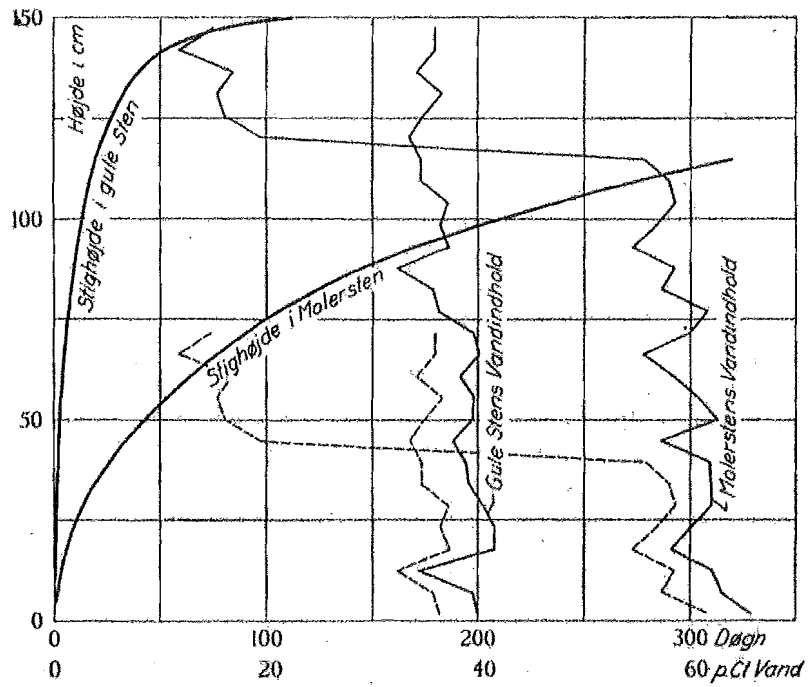


Fig. 4. Vands Stigningshastighed i 150 cm høje Piller af Molersten og gule Facadesten med Trækpapier i Fugerne i Stedet for Mørtel. De optrukne Zig-zag-Linier viser Stenenes Vandindhold ved Forsøgets Afslutning.

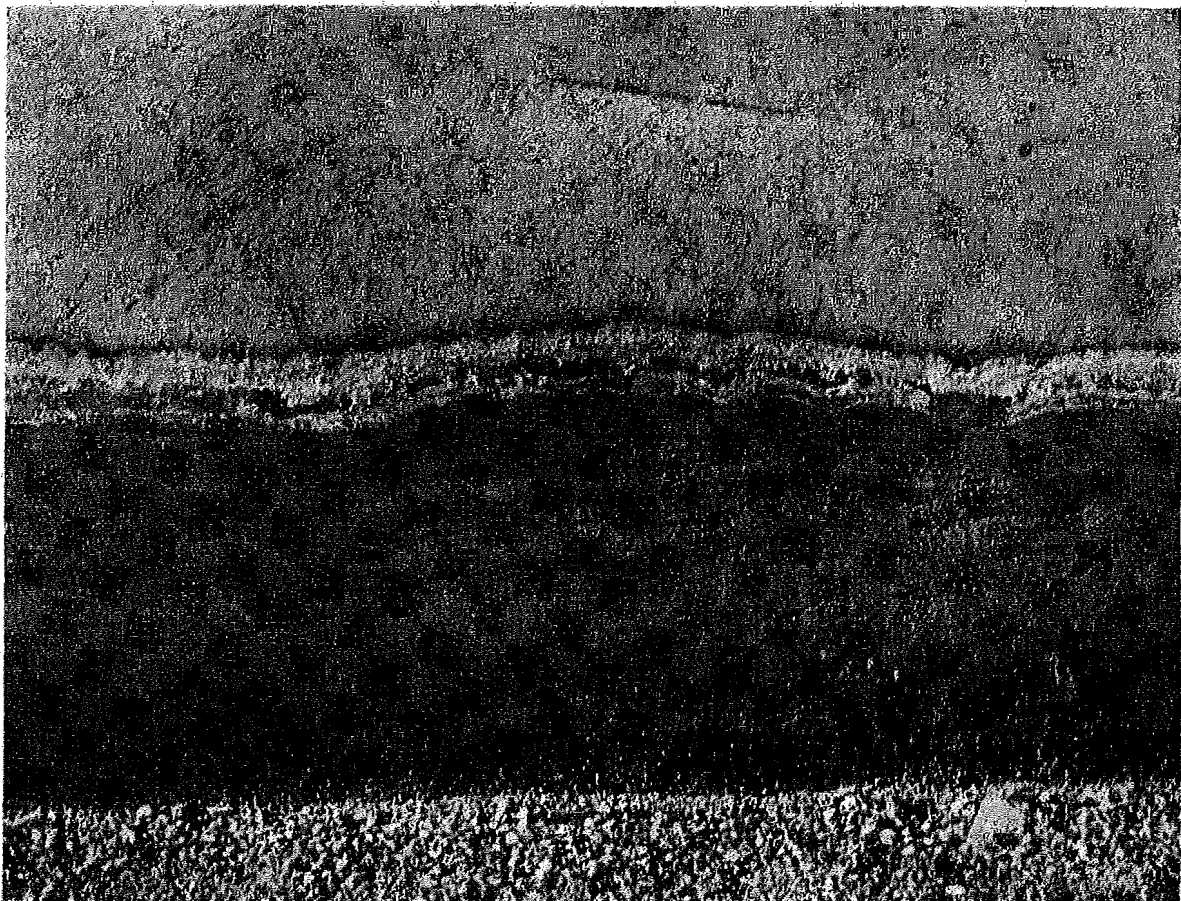


Fig. 5. Brenner af Na_2SO_4 paa en Betonsokkels Puds. Naar Vandet er steget saa højt, at det er blevet saltmettet, udskiller Saltene sig.

B. SALTBEVÆGELSER I MURE

Naar Grundvandet stiger op gennem en Mur, medtager det Salte fra Jorden og opløser Murens Salte paa Vejen og bliver stadig mere saltholdigt, hvortil ogsaa Vandets Fordampning bidrager; til sidst bliver det overmættet og udskiller da Saltene som en hvid Bræmme (Fig. 5).

Hvis der samtidig optræder flere Bræmmer over hinanden, kan det skyldes, at Vandet indeholder flere Slags Salte, af hvilke de tungt opløselige udskilles i en ringere Højde end de letopløselige, men Aarsagen kan ogsaa være en anden. Visse Salte, som Kogsalt, udkrystalliserer, saa snart Opløsningen har naaet Mætningspunktet, medens andre, som Natriumsulfat, først udkrystalliserer, naar Opløsningen har naaet en vis Overmætningsgrad, og dette kan medføre en rytmisk Udfældning, som vist i Fig. 6, der stammer fra et Forsøg i *Laboratoriet for Byggeteknik*.

Den laveste Bræmme har udskilt sig, da Opløsningen var suget saa højt op, at dens Front havde naaet den kritiske Overmætningsgrad. Ved Saltoverskudets Udkrystallisering synker Koncentrationen til normal Mætningsgrad, hvorved Udskillelserne stopper for først at begynde paany, naar Opløsningen har faaet Tid til at afgive saa meget Vand, at den atter har naaet den kritiske Overmætningsgrad, og i Løbet af denne Tid suges den et Stykke op. Da Bevægelsehastigheden aftager med voksende Højde, kommer Bræmmerne til at ligge tættere og tættere.

Selv om der kun danner sig en enkelt Bræmme, vil dennes Højdebeliggenhed veksle med Aarstiden og andre Faktorer, der paavirker Vandtilførsel og Fordampning. Naar Saltene paa Puds forsvinder, efterlader de ofte Ar, idet Krystallerne ved deres Dannelse har sprængt Smådele af Pudsens Overflade. Derfor kan man paa Fig. 5 se talrige mørke Bølgelinier svarende til tidligere lavere Beliggenheder af Saltbræmmen.

At Stighøjden i finporede Stoffer overvejende afhænger af Forholdet mellem Vandtilførsel og Fordampning og kun lidt af Tyngden, fremgaar af Fig. 7.

Saltbevægelser, ganske svarende til de lodrette i Fig. 5, foregaar i vandret Retning, hvis Murens Indre er vaadere end Overfladen. En nyopført Murs Udtørring skyldes Fordampningen fra dens lodrette Flader, og Saltene slæbes derfor frem til disse; først naar Muren er tør, ophører Transporten.

Naar der paa en gammel Mur, som ikke er i Berøring med Jord, og som derfor normalt vilde være udtørret, fremkommer Salte, skyldes det ny Vandtilførsel, oftest Regnvand, som Facaden suger ind til en vis Dybde, og som i tørt Vejr suges frem igen medtagende de Salte, det har hentet inde i Muren. Saltudvandring af denne Art forekommer navnlig paa Steder, hvor der tilføres Murværket

meget Vand, f. Eks. under Saalbænke, hvor al den Regn, der træffer Vinduet, løber ud over Saalbænken og af Vinden føres ind paa Muren; ligeledes paa fritstaaende Gavlkamme og Murkroner, der er afdækkede med Grænit, Beton eller lignende, og hvor Forholdene er tilsvarende. I sidstnævnte Tilfælde er Udslagene ofte særlig kraftige, fordi der ikke tilføres Muren Varme indefra, saa Tørringen sker langsomt (se Afsnit D).

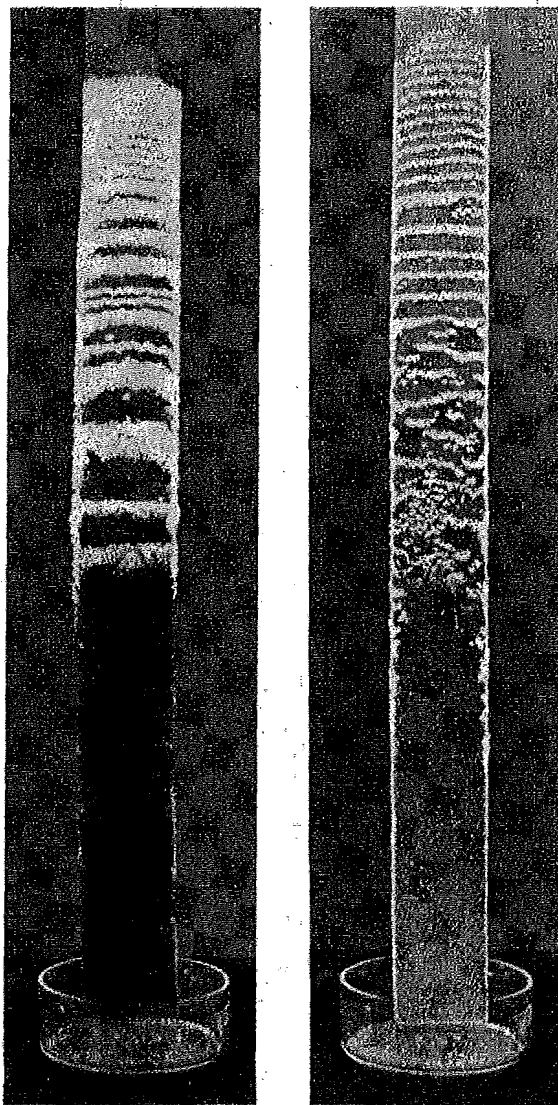


Fig. 6. Strimler af sort Trækpapier er ophængt dyppende ned i ulige stærke Opløsninger af Na_2SO_4 . Saltet har udskilt sig i Bræmmer, hvis Afstand aftager opøfter.

Ved den hidtil omtalte Form for Saltbevægelse føres de opløste Salte frem til Muroverfladen af Vandet; Mængden af udkrystalliserede Salte vokser med den fordampede Vandmængde. Denne Form er den hyppigste, men det skal dog nævnes, at de opløste Salte ogsaa kan vandre i stillestaaende Vand, nemlig fra Steder med stærkere Koncentration til Steder med ringere Koncentration, svarende til at et



Fig. 7. Saltringe paa Boulevardbanens Betonstøttemur (København). Gennem enkelte grove Betonporer i de vandrette Støbeskel siver Vandet fra den bagved liggende Jord frem til Cementpudsen, hvor der med Poren som Centrum dannes en vaad Plet, langs hvis Rand Saltene udskiller sig. At Pletten er cirkulær viser, at Vandets Bevægelsehastighed er lidet paavirket af Tyngden. Saltene fremkommer hvert Foraar og forsvinder helt eller delvis i Løbet af Sommeren og Vinteren.

Stykke Sukker paa Bunden af en Kop The efterhaanden søder hele Koppen.

En anden Form for Saltbevægelse skal omtales, ikke fordi den spiller nogen iøjnefaldende Rolle for Murværk, men fordi den er meget ejendommelig, nemlig visse Saltopløsnings Evne til at krybe op ad glatte Flader. Hvis Fladen ikke er glat, men f. Eks. ridset, kan Krybning forklares ved, at en Ridse virker som et flækket Haarrør, men visse Op-løsninger vil, naar de befinder sig paa Bunden af et Glaskar med glatte Vægge, krybe op ad disse, over Randen, ned ad Karrets Yderside og fortsætte hen ad Bordet; Fig. 8 viser en saadan Krybning. Forklaringen er utvivlsomt, at der langs Vædske-randen udskilles Krystaller, og at Haarrørene mellem disse suger Vædsken videre op.

De til Muroverfladen udvandrede Salte vil efterhaanden blæse af, i ringere Grad regne af, da Regnen — naar den ikke er meget stærk — blot vil opløse dem og atter føre dem ind i Murværket. Udvandringerne vil fortsætte sig, indtil Murværket enten er tomt for Salte eller er helt tørt.

Saltene fremkommer navnlig om Foraaret —

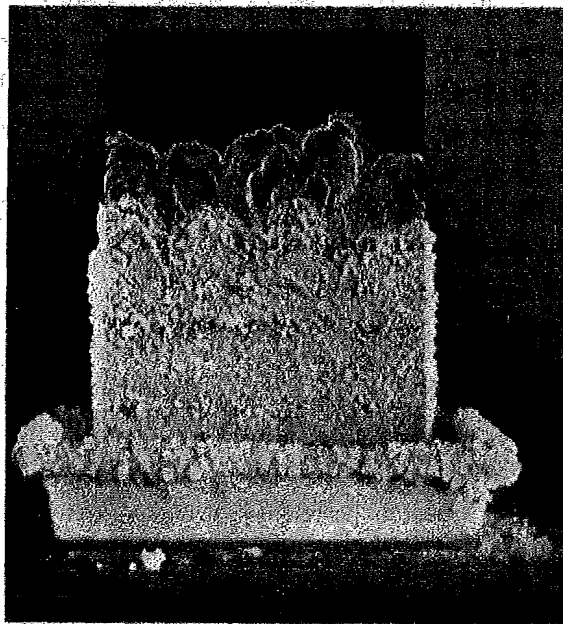


Fig. 8. En blank, sort Glasplade er stillet i en flad Skaal med Natriumsulfat-Opløsning. I Løbet af 10 Dagn er Saltene krøbet 12 cm op ad Pladen.

fordi Udtørringen da er stærkest — og i højere Grad paa skyggede end paa solbeskinnede Mure, fordi den stærke Varme kan bringe Vandet til at fordampe, inden det naar Overfladen, saa Saltene udskilles inde i Stenen.

C. SALTENES ART.

Kun vandopløselige Salte kan vandre ud paa Murens Overflade. Er der flere saadanne Salte i Muren, maa man vente at træffe Saltene i Mængder, der svarer til deres Opløselighed. Denne er angivet i efterfølgende Sammenstilling af de Salte, der hyppigst træffes i Murværk; Tallene angiver, hvor mange Gram vandfrit Salt, der kan opløses i 1 Liter kemisk rent Vand ved 18—20°.

	Gram/Liter
Kalciumnitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1215
Kaliumkarbonat K_2CO_3	1100
Magniumnitrat $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	758
Ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$..	755
Magniumklorid MgCl_2	545
Aluminiumsulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	362
Natriumklorid NaCl	358
Magniumsulfat MgSO_4	355
Kaliumklorid KCl	333
Natriumkarbonat Na_2CO_3	214
Natriumsulfat Na_2SO_4	193
Natriumvanadat	170
Kaliumsulfat K_2SO_4	111
Kalciumsulfat CaSO_4	2,02
Kalciumhydroksyd $\text{Ca}(\text{OH})_2$	1,63
Magniumkarbonat MgCO_3	0,1
Kalciumkarbonat CaCO_3	0,013
Magniumhydroksyd $\text{Mg}(\text{OH})_2$	0,009

Hvis man fejer eller skraber Saltene af Muren og behandler dem med Saltsyre, gaar de i Opløsning bortset fra Sten- og Sandpartikler, og ved Analysering af Opløsningen kan man da bestemme Saltenes Art og Mængdeforhold. Nogle Analyser skal meddeles.

1. Salte paa Brøndsten stablede paa Teglværket:

53 $\frac{0}{100}$ Alkalisulfat (overvejende Na_2SO_4 ,
noget K_2SO_4)

18 $\frac{0}{100}$ CaCO_3

16 $\frac{0}{100}$ CaSO_4

8 $\frac{0}{100}$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$

4 $\frac{0}{100}$ SiO_2

Lidt Magnesia og Spor af Klor.

2. Traadede, sneagtige Udblomstringer paa en Mur af Bagemuringssten i en ufærdig, københavnsk Nybygning fandtes at indeholde:

87 $\frac{0}{100}$ Alkalisulfat (overvejende Na_2SO_4 ,
kun lidt K_2SO_4)

9 $\frac{0}{100}$ CaCO_3

3 $\frac{0}{100}$ CaSO_4

1 $\frac{0}{100}$ NaCl .

3. I et ganske lignende Tilfælde:

93 $\frac{0}{100}$ Na_2SO_4

7 $\frac{0}{100}$ CaCO_3

4. Traadede, sneagtige Udblomstringer paa en Kældermurs Indersides Puds i en 27-aarig Villa:

95 $\frac{0}{100}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$

5 $\frac{0}{100}$ CaCO_3

Disse Analyser viser, at Alkalisulfaterne dominerer, derefter følger Kalciumkarbonat og Gips. At Mængden af Natriumsulfat er større end Mængden af Kaliumsulfat skyldes bl. a., at Kaliumsulfatet er tungere opløseligt.

Sulfaterne stammer ofte fra Stenene. De kan være til Stede i Leret, naar dette opgraves, hvilket fremgaar af, at de ubrændte Sten, der er stablede i Tørreladerne, kan vise Udslag¹⁾; men hyppigst dannes de i Ovn.

Røgens Svovlsyre paavirker de let spaltelige Forbindelser af Magnium, Natrium, Kalium og Kalk og omdanner dem til Sulfater. Sulfatmængden vokser med Brændingstemperaturen til et Maksimum ved 800—900°.

Stiger Temperaturen højere, spaltes Sulfaterne atter, og Mængden aftager stærkt, naar Temperaturen stiger til 1000° eller endnu højere. Natrium- og Kaliumsulfatet spaltes først; Magniumsulfatet spaltes kun langsomt, saa længe Temperaturen ligger under 1000°, men derefter hurtigt; i Ler brændt ved 1100° træffes det næsten ikke.

At Stene, der er brændt i høj Temperatur, giver mindre Saltudslag, skyldes dog ikke blot deres mindre Saltindhold, men ogsaa deres mindre Porøsitet.

Kalciumsulfat kan undertiden være til Stede i betydeligere Mængder end i de anførte Analyser; det spaltes ikke i de almindelige Brændingstemperaturer.

Af Salte, der mere sjældent optræder i Leret, skal nævnes Kaliumvanadinat, der viser sig som gule eller grønne Skjolder paa enkelte Sten.

Det er navnlig Bagemuringssten, som blomstrer, fordi de ikke — som Facadestenen — er smøgede, og fordi de er brændt ved en lavere Temperatur. Udblomstringer paa Facadestenen stammer ofte fra Bagemuren.

Sulfaterne kan dog ogsaa stamme fra Mørtlen. Kalk indeholder Alkalisulfater og Gips, der har dannet sig under Brændingen; for Cementens Vedkommende er der desuden tilsat lidt Gips efter Brændingen. Iøvrigt kan der dannes Gips inde i Muren, fordi Industribyernes Luft indeholder Svovl-

¹⁾ Disse Salte kan man uskadeliggøre ved at sætte Baryumkarbonat til Leret.

syre, som af Regnen føres ind i Muren og omdanner Kalken til Gips.

Ren Kalkmørtel giver forholdsvis svage Udslag, som ret hurtigt ophører, fordi Kalken under Hærdningen omdannes til Karbonat, som er tungt opløseligt. Cementholdig Mørtel giver kraftige Udslag, som fortsætter sig, indtil Murværket er tørt, og begynder paany, naar Murværket vædes, og Grunden er, at Cementen i højere Grad end Kalk indeholder Alkalier og desuden i Aarevis udskiller Kalk, som er ret let opløselig, saalænge den ikke er omdannet til Karbonat. Naar Udslagene fortsætter sig i Aarrækker uden at ville høre op, som det undertiden er Tilfældet under Saalbænke og lignende Steder, skyldes det som Regel Brugen af cementholdig Mørtel; slige Steder bør man derfor bruge ren Kalkmørtel.

Gipsen og de øvrige Sulfater i Cementmørtel kan man i nogen Grad uskadeliggøre ved at opløse Baryumoksyd i Mørtelvandet; derved faas Baryumhydroksyd, der omdanner de opløselige Sulfater til Baryumsulfat, der er uopløseligt og derfor ikke blomstrer ud. Ogsaa andre Baryumsalte kan bruges, dog ikke Karbonatet, da dette omsætter sig med Natriumsulfat til Soda, som blomstrer ud.

Cementens Evne til Saltudskillelse viser sig ogsaa ved Støbning af Jærnbetondæk, idet Murene indsuger det saltholdige Betonvand, og der fremkommer kraftige hvide Bælter ud for hvert Dæk, hvis man da ikke asfalterer Murrillen forinden Støbningen. Det behøver dog ikke at være Cementen, der er Skyld i disse hvide Bælter; maaske stammer de blot fra de store Mængder Vand, der paa dette Sted suges ud gennem Muren og opløser dennes Salte paa Vejen. Bælterne plejer at forsvinde hurtigt, hvilket tyder paa, at de er dannede af Alkalisulfater.

Hvadenten Saltene stammer fra Mørtlen eller fra Stenene, kan det hændes, at Mørtlen hindrer Stenene i at blomstre. Hvis nemlig den hærdnede Mørtel er stærkt porøs og mere finporet end Stenene, vil disse ikke kunne suge Vand fra den, medens den vil kunne suge Vand fra Stenene og saaledes hjælpe til at holde disse tørre.

Svovlsyre kan som nævnt ogsaa trænge ind i Murværket efter dets Opførelse; Udtørring af Teglstenshuse ved Hjælp af Køkskurve har saaledes i visse Tilfælde foranlediget stærke Udblomstringer paa Værelsernes Vægge som Følge af et stort Svovlindhold i Køksene.

Undertiden kommer Saltene hvecken fra Stenene, Kalken eller Cementen, men fra Mørtelsandet eller fra det Vand, hvormed Mørtlen er tilberedt.

Strandsand indeholder saaledes Kogsalt, der er vandsugende, og som forbinder sig med Kalken til det endnu mere vandsugende Calciumklorid (CaCl_2 , $6\text{H}_2\text{O}$). Kogsaltet kan ogsaa i Murværket omdannes til Natriumkarbonat (Soda). Desuden indeholder

Sandet Magniumsulfat fra Havvandet. Saavel Kogsalt som Soda og Magniumsulfat kan udblomstre, og desuden vil disse Saltes Evne til at holde Murværket fugtigt bevirke, at der længe er Betingelser for Udblomstring af andre Salte. Ogsaa i Murværk udsat for saltholdig Havluft træffer man Kogsalt og Soda.

Feldspat i Mørtelsandet kan med Gips i Kalken danne Alkalisulfater, der blomstrer ud.

Udblomstringer paa Kældermures Inderside skyldes ofte de i Jorden værende opløselige Salte, der paa Grund af mangelfuld Isolering trænger gennem Murværket; de indeholder ofte Klorider og Nitrat; er Tilfyldningen udført med Aske eller Slagger, kan Udblomstringerne blive særlig stærke, og de bestaar da af Natrium- og Magniumsulfat.

Ægte Salpeter fremkommer meget sjældent og skriver sig da fra Kalkmørtlen, som er i Berøring med kvælstofholdige Stoffer (Urin, Gødning). Under Indflydelse af visse Bakterier, som altid er til Stede, dannes Kalksalpeter, som er letopløselig og yderst hygroskopisk, og som ved skiftevis at opløses og udkrystallisere efterhaanden kan ødelægge Murværket.

D. SALTAFLEJRINGERNES FORM.

De Former, under hvilke Saltene ophober sig paa eller under Muroverfladen, varierer stærkt, og der kan skelnes mellem to Tilfælde¹⁾:

A. Stenens Vandspejl, fra hvilket Fordampningen sker, ligger helt fremme i Stenoverfladen; denne Tilstand kan kun opretholdes i længere Tid, saafremt Vandet suges frem til Overfladen lige saa hurtigt, som det fordæmper;

B. Stenens Vandspejl ligger noget under Overfladen; saa Fordampningen sker inde i Porerne.

Om Tilstanden er A eller B afhænger af:

- Stenens Struktur og Mætningsgrad.
- Saltopløsningens Art og Mætningsgrad.
- Luftens Fugtighedsgrad, Temperatur og Bevægelsestilstand.

Saalænge A-Tilstanden hersker, er Vandtabet pr. Tidsenhed konstant. Naar Udtørringen er drevet saa vidt, at B-Tilstanden hersker, bliver Vandtabet pr. Tidsenhed mindre og mindre, fordi Vandet skal hentes frem fra større og større Dybder, og i dette Stadium er Strukturens Indflydelse meget stor; jo hurtigere Stenens Porer kan føre Vandet frem, des mindre rykker Vandspejlet tilbage, og des hurtigere sker Tørringen.

I stille, fugtigt Vejr haves Tilstanden A, og Saltene kommer frem paa Overfladen. I varm og tør Blæst haves Tilstanden B, og Saltene udskilles inde i Stenen.

Mætter man en Teglsten med en tynd Opløsning

¹⁾ Se H. Dührkop: Kunstig Udtørring af Nybygninger, Kbhvn. 1932.

af Na_2SO_4 og henstiller den til langsom Tørring, vil Saltene fortrinsvis udblomstre i Hjørner og Kanter, da Fordampningen navnlig sker fra disse. Sker Udtørringen hurtigere, viser Saltene sig fortrinsvis et Stykke inde paa Fladerne, da Fordampningen fra Hjørnerne er saa livlig, at Saltudskillelsen dér sker inde i Stenen. Og tørrer man Stenen i hed Blæst, vil Udblomstringerne maaske helt udeblive.

Ganske tilsvarende Forhold træffes paa Bygværker. Paa Skygge- og Læsider udskiller Saltene sig i fremspringende Hjørner og Kanter og i Forhøjninger; paa Sol- og Vindsider sker Udskillelserne længere inde paa Fladerne eller i Fordybninger.

Pletvis Udskillelse af Salte er derfor lige saa tit en Følge af ulige stærk Fordampning som af uensartet Struktur. Saltene viser sig paa Steder, hvor Fordampningen er livlig, men dog ikke saa livlig, at Saltene udskilles under Overfladen.

Salte som CaCO_3 , der ikke indeholder Krystalvand, optræder gerne som en fast Belægning, der paa Murværk oftest er saa tynd, at den minder om en sparsom Hvidtning, men som paa Beton, der stadig gennemsives af Vand, kan danne tykke Skorper og Drypsten (Fig. 9).

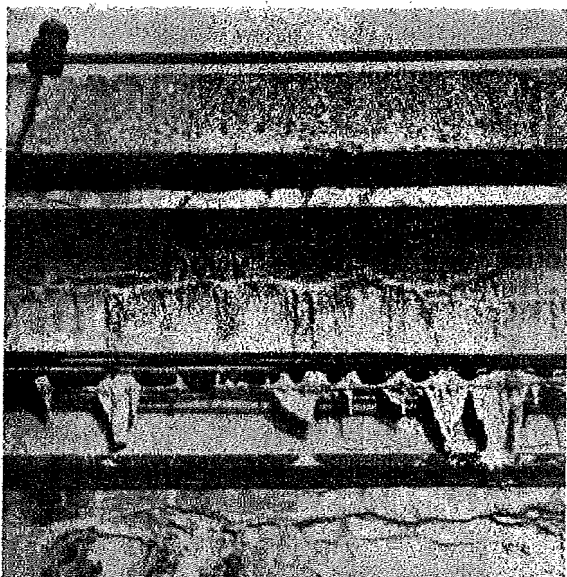


Fig. 9. Gesims paa Fortet Prøvestenen ved København. Fortet støbtes 1858—63 af en Beton, der øjensynligt har været meget porøs. Det gennem Gesimsens Revner sivede Vand har udskilt Volde af Kalk (CaCO_3) langs Revnerne og er drevet ned over et under Gesimsen ophængt Kabel og har afsat fryselignende Drypsten paa dette¹⁾.

Saadanne Aflejringer vokser ved, at Vandet trænger helt frem til deres Overflade og dér afsætter nye Saltlag. Noget tilsvarende sker, naar man stiller en Teglsten paa Enden i en mættet Kogsaltopløsning. Der vokser da smaa Krystalhobe frem paa Stenoverfladen, formentlig først fra de groveste

Porers Mundinger. Hobene vokser i Antal og Omfang og forener sig til en sammenhængende Skal, der dækker hele Stenen og derefter vokser i Tykkelse og kan blive en Centimeter tyk og mere. Ogsaa disse Skaller vokser udefra, idet der mellem de enkelte Krystaller er Haarrør, der trækker Vandet frem til Overfladen.

En anden Form for Saltaflejringer — formentlig træffes den kun hos Salte med Krystalvand — er de mere eller mindre vandklare, traadformede Dannelser, der udvokser mere eller mindre vinkelret paa Muroverfladen og ligner Sne, men er luftigere. Paa denne Maade optræder Alkalisulfaterne i centimeter-tukke Lag paa nyopførte Mure, der endnu ikke er pudsede — se Analyse 2 — og ogsaa paa gamle, pudsede Kældermures Inderside, hvis denne er i Berøring med stillestaaende Luft — se Analyse 4. Tager man en stor Haandfuld af disse Salte og stopper i et Glas, som henstilles i tør Luft, vil Glasset efter nogen Tids Forløb være tomt, bortset fra at der paa Bunden ligger et tyndt Lag af et hvidt Pulver; det meste af disse Salte er altsaa Vand.

Naar Saltene vokser ud paa denne Maade, sker Væksten utvivlsomt ikke i Spidsen, thi hvis der foregik en Vædske-transport helt ud til denne, maatte Haaret ogsaa vokse i Tykkelse, hvad det ikke synes at gøre. Formentlig dannes Krystallen et lille Stykke inde i Stenporen, og for at faa Plads skyder den de foranliggende Krystaller ud af Poren; Haaret er altsaa formet af Poren paa samme Maade som en Blytraad eller en Lerstreng formes ved Strengpresning. Denne Hypotese forklarer ogsaa, at Haarene undertiden har Proptrækkerform, nemlig naar Poren har det (Fig. 10).

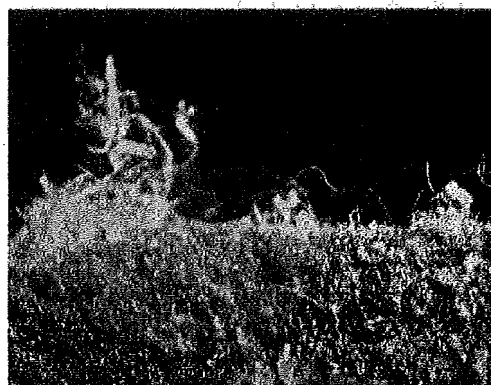


Fig. 10. Proptrækkerformede Saltstængler udvoksende fra en lille Teglstenstærning stillet paa Trækpapir mættet med et vandigt Udtræk af Pibeudkrads. Saltet er et Klorid. Billedet er noget forstørret.

Et Salt, der kommer frem i Traadform, kan dog ogsaa komme frem under andre Former. En Teglsten, der stilles i en mættet Opløsning af Natriumsulfat, vil blive overtrukket af en tyk Saltskorpe af lignende Art som den, Kogsalt danner, Traadformen maa derfor antages at være betinget af, at Van-

¹⁾ Se E. Suenson: Portlandcementens Stamtræ (Dansk Andels Cementfabriks Jubilæumsskrift, København 1936).

det vandrer mod Stenoverfladen med en saa moderat Hastighed, at det fordamper, inden det naar helt frem. Denne Antagelse bestyrkes ved det tidligere omtalte Kogsaltforsøg, thi saalænge Stenen kunde suges Saltopløsning fra Skaalen og holde sig mættet, dannedes den omtalte Saltkage; men da Stenen blev tør, faldt Kagerne delvis af, og fra den blottede Stenoverflade voksede der derefter spinkle, uldagtige Kogsalttraade frem (Fig. 11).

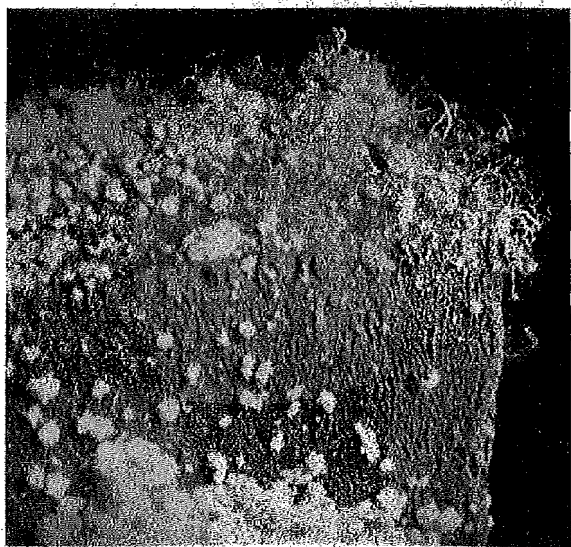


Fig. 11. Døre Ende af Teglsten, der har staaet paa Enden i en mættet Kogsaltopløsning, hvorved hele Overfladen dækkedes med et centimeterdykt Saltlag. Dette faldt delvis af ved Indtørring, og senere fremkom de uldagtige Salttraade.

En tredje Form, under hvilken Alkalisulfaterne kan træde frem, er som en sparsom Hvidtning, en Form, som formentlig er betinget af, at kun Stenens fineste Porer er vandfyldte; naar Vandet i disse fordamper, udskilles der lidt Salt i Poremundingerne, men Fordampningen fremkalder ikke en udadgaaende Vandbevægelse, thi der er intet Vandreservoir, fra hvilket de fine Porer kan fylde sig; Vandspejlet rykker altsaa bort fra Stenoverfladen. Anbringes en Vanddraabe paa denne, opløses Saltet i et Nu og suges ind uden at komme frem igen, da der ikke er Vand nok til at transportere det ud.

Naar Saltene paa en Mur optræder pletvis, skyldes det som Regel, at den udadgaaende Vandbevægelse er stærkest de paagældende Steder. Er en Mur beklædt med glaserede Fliser, fremkommer der kun Salte i Fugerne, da Vandet kun kan komme ud gennem disse. Omvendt vil en Mur af porøse Sten, der fuges med en tæt Cementmørtel, næsten kun tørre gennem Stenene, og alle Salte i saavel Sten som Mørtel vil føres ud gennem Stenene; derved skæmmes og skades disse, og man bør derfor fuge med en Mørtel, der leder Vandet eller Vanddampene hurtigere frem, end Stenene gør det, saa Saltene udskiller sig paa Overfladen af Fugen; hvis

Skade skulde ske, er det billigere at fuge om end at forny Stenene.

Paa Flamsten kan Saltene undertiden fremkomme paa skarpt begrænsede Pletter, nemlig de Pletter, i hvilke Stenene har berørt hinanden under Brændingen i Ovnene, og som derfor ikke har været udsat for Svovlsyren i Røgen. Under disse Pletter er Stenen mere finporet end under de af Røgen truffene; derfor suger de Vandet og Saltene til sig fra Omgivelserne og afleverer Saltene paa Overfladen.

E. SALTENES VIRKNINGER

Undertiden virker Saltene kun skæmmende, undertiden desuden skadende. I opløst Tilstand kan de angribe Tapeter og Maling kemisk, saa Farverne ændres, og Stoffet destrueres. Naar Oliemaling paa en fugtig Mur skaller, Fig. 12, skyldes det sandsynligvis ikke blot Fugtigheden, men ogsaa kemiske Virkninger.



Fig. 12. Betonbælvning med afskallende Oliemaling i et Rum i Fortet paa Provoststenen. Bælvningen er nu tør, men tidligere er Vandet trængt ind gennem en Røve i Bælvningens Top, under hvilken man har opbængt en Tagrende for at undgaa Dryp.

Større Betydning har den Sprængvirkning, Saltene udøver, naar de udkrystalliserer. Naar en Krystal vokser frit i en Opløsning, bevarer den sin for Arten særegne Form, idet den trækker mere Salt ud af Opløsningen og ordner de nye Saltpartikler i jævnt tykke Lag paa alle sine Flader, og selv om den sidder i Klemme i en Pore, har den samme Tendens; den søger at vokse lige stærkt i alle Retninger

og kan derved udøve et stærkt Tryk. Krystaller, der udskilles bag en Stens Glasur, kan sprænge denne, og paa tilsvarende Maade kan et Pudslag trykkes ud.

Paa en uglaseret, fuget Mur vil Saltene ofte udskille sig paa Overfladen, og i saa Fald skader de ikke. Hvis stærk Sol og Blæst holder Muren tør i flere Millimeters Dybde, saa Saltene udskiller sig i denne Dybde, vil de som Regel heller ikke skade, idet Stenen i denne Dybde kan taale Krystallernes Tryk, men hvis de udskilles lige under Overfladen, kan de sprænge Skæl eller Skaller af denne. Dette blev allerede omtalt i Tilknytning til Fig. 5 og til Salte af ægte Salpeter.

Der er Grund til at tro, at alle Salte kan virke sprængende, men nogle er værre end andre.

At Kogsalt kan sprænge Skaller af haandstrøgne, røde Sten iagttoges ved et Besøg paa Odense Slagtehus i 1932. Omkring et Vindue, gennem hvilket et Kogsaltlager fyldtes, skallede samtlige Sten, medens alle andre Sten i Huset var uskadede. Ved et Forsøg i *Laboratoriet for Byggeteknik* stilledes en gul, haandstrøget Sten paa Enden i en Skaal med mættet Kogsaltopløsning, hvorved hele dens Overflade dækkedes med et tykt Lag af Kogsalt; senere overhældtes Stenen med Vand, hvorved Saltet atter opløstes, og i Skaalen laa da et gult Bundfald af smaa Lerparkler.

Ogsaa Gips kan virke sprængende paa visse Sten. Ved at mætte en saakaldet bronzefarvet Kalksten fra Øland med Gipsvand og derpaa lade den tørre, fandt vi, at de frembrydende Gipskrystaller tog smaa Skæl af Stenoverfladen med sig. Ølandssten bør derfor aldrig komme i Berøring med Gips.

Men navnlig Natriumsulfat — og de andre Alkalisulfater — kan under uheldige Omstændigheder virke smuldrende paa saavel Natursten som Teglsten, fordi dette Salt i en tør Facade kan optræde som vandfri Krystaller, der ved Vædning optager 10 Molekuler Vand og derved omdannes til Glaubersalt, hvis Rumfang er 84 % større end de vandfri Krystaller. I Solskin træffer man vandfri Krystaller i Facaden, i den fugtige Aftenluft vandholdige; ved disse Vekslinger smuldrer Stenen, dens Forside „afsander“ eller afskaller, og dens Tilbage-rykning kan ret hurtigt blive betydelig. Stiller man en Sten paa Enden i en mættet Opløsning af Na_2SO_4 , udblomstrer Saltet i Form af smaa Tuer, ganske som Kogsalt gør det, men Tuerne er bløde, megede, medens Kogsaltets er haarde. Til sidst er hele Stenen dækket af et tykt Saltlag. Naar dette overhældes med Vand, opløses det, og samtidig sprænges der 1—7 mm tykke Skaller af Stenen (Fig. 13).

Nogle Salte — navnlig Gips — tætter i Aarenes Løb Stenens Overflade, der til sidst bliver saa tæt, at Saltet maa udskille sig indenfor den tætte Skorpe og dér udøve et Tryk, der afsprænger smaa Partier af Skorpen (Fig. 14 og 15). Under denne ser man

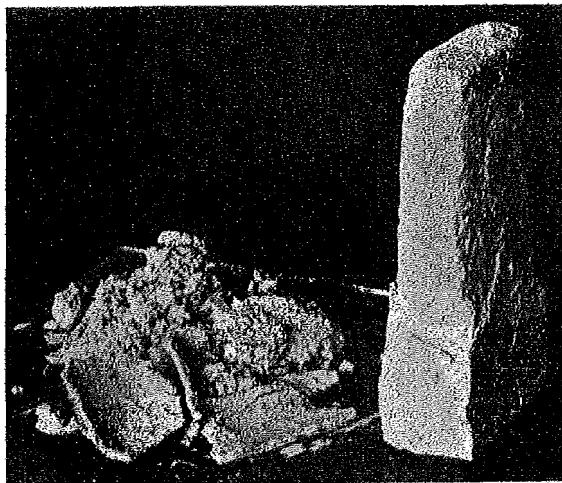


Fig. 13. Gul, haandstrøget Facadeston, der gentagne Gange har været mættet med Na_2SO_4 og overhældt med Vand. Ved Siden ligger det afsprængte Materiale. Stenen er fotografieret i vaad Tilstand.



Fig. 14. Murværk af røde, haandstrøgne Sten, der 18 Aar efter Opmuringen viser Skorpedannelse. Paa 3 Steder er Skorpen blødt ud og sprængt, men Brudstykkerne er endnu ikke faldet af.



Fig. 15. Samme Mur med 4 Ar, paa hvilken man ser de hvide Salte — Gips — der har sprængt Skorpen af.

da de hvide Salte. Ogsaa kunstigt fremstillede Skorper — Cementpuds, Glasur — kan sprænges af Gipskrystallernes Tryk, som tidligere nævnt.

Jo stærkere en Teglsten er brændt, des færre Salte indeholder den, og des vanskeligere sprænges den.

Voldsomme Sprængninger kan opstaa ved Teglstensfacaders Afsyring¹⁾. De skyldes Dannelsen af Krystaller i Mørtlen, som derved presses ud af Fugen medtagende Skaller af Stenoverfladen. Disse Sprængninger kan man undgaa ved at vandmætte Muren inden Afsyringen, og dette bør gøres, selv om man derved udsætter sig for, at der fremkommer et svagt Udslag af Gips.

Gipsen dannes, fordi den raa Saltsyre, der sædvanligvis bruges til Afsyringen, indeholder lidt Svovlsyre ($\frac{1}{2}$ —1 0/0, sjældnere op til 1,8 0/0); syntetisk Saltsyre, der kun er lidet dyrere end den almindelige, er derimod fri for Svovlsyre.

Ved Afsyring af tørt Murværk suges den dannede Gips mer eller mindre dybt ind i Muren og har vanskeligt ved at komme frem igen, da der ikke er meget Vand til at transportere den ud; ved Afsyring af vandmættet Murværk forbliver Syren og den dannede Gips ved Muroverfladen, og Gipsen kommer frem igen, efterhaanden som Stenen tørrer.

F. SALTENES FJERNELSE.

Vil man fjerne Salte fra en Ydermurs Overflade, skal man først og fremmest bruge tør Børstning, thi hvis man vadsker Muren, opløses Saltene, og en

¹⁾ Se E. Sienson: Die Einwirkung von Salzsäure auf Ziegelsteinfassaden, København 1935.

stor Del af dem suges da atter ind i Muren med Vandet; Vadskning bør i alt Fald foretages med rigeligt Vand. Følgende Fremgangsmaade kan anbefales:

1. Alle Salte og løse Skaller afbørstes med en tør Børste;
2. Det afbørstede Materiale fejes op og fjernes;
3. Muren vadskes grundigt med rigeligt Vand, koldt eller varmt, med Slange eller Svamp.

Kommer der atter Salte frem, gentages Processen.

At trykke Trækpapir mod de vaade Sten virker ikke bedre end 3.

At tilsætte Vandet Saltsyre eller Eddike bør kun bruges overfor Kalciumkarbonat, da Syren kan danne hygroskopiske Salte i Murværket.

Saltudslag paa Puds kan man modvirke ved at give Muren Tid til at tørre og afbørste de fremkomne Salte, inden Pudsningen foretages.

I Forbindelse med Midler til at fjerne Mursalte skal nævnes nogle Midler til at fjerne Farvepletter af anden Art; de kan bruges ikke blot paa Teglsten, men ogsaa paa Kalksten og andre Natursten.

Rustpletter stammende fra Jærndeje, der er befæstede paa Muren, og hvis Maling er mangelfuldt vedligeholdt, kan fjernes med varm, koncentreret Oksalsyre (CO_2H)₂; bagefter maa Muren vadskes grundigt. Flussyren og nogle af dens Salte kan ogsaa bruges, men virker voldsommere.

Kobber og Kobberlegeringer giver grønblaa Pletter, der kan afvadskes med en Opløsning af Kaliumcyanid (KCN); Stoffet er giftigt. Man kan ogsaa bruge Aluminiumspulver sammenæltet med lidt i Vand opløst Aluminiumklorid (AlCl_3) til en Dejj, der smøres paa Pletten og senere vadskes af.