

BYGGFORSKNINGEN

Särtryck 9:1964

Vittringsskador på byggnadsmaterial
av *Arne Strömberg*

STOCKHOLM 1964

810 arn.ay
h

VITTRINGSSKADOR PÅ BYGGNADSMATERIAL

Av docent Arne G B Strömberg
Sveriges Geologiska Undersökning

Särtryck ur Byggnästaren 1964, nr 3

ENGLISH SUMMARY

Weathering damage on building material

By A Strömberg

Material made up of minerals are sensitive to physical and chemical actions. Mostly as a result of reactions in grain boundaries and surfaces of structural heterogeneity. The materials weather in different ways depending upon differences in outer conditions and differences in mineral composition and structure. Certain weathering, specially salt-expansion, seems to occur with accelerated speed in the modern town atmosphere. Natural rocks, such as limestone and sandstone belong to the materials which weather most, due mainly to structural nonhomogeneity.

One of the most active materials in weathering is water, which occurs in varying amounts in all external materials. It circulates in masonry, walls and moves towards free evaporating surfaces. Water functions in weathering both directly and indirectly as a transport agent for various substances. The northern climate makes frost damage very common. The pressure which ice makes when it expands can be taken up in the pores of the material, as long as these are not waterfilled to more than 90 %. The liability to damage by frost of the material is very depending upon structure qualities such as porosity and crack frequency.

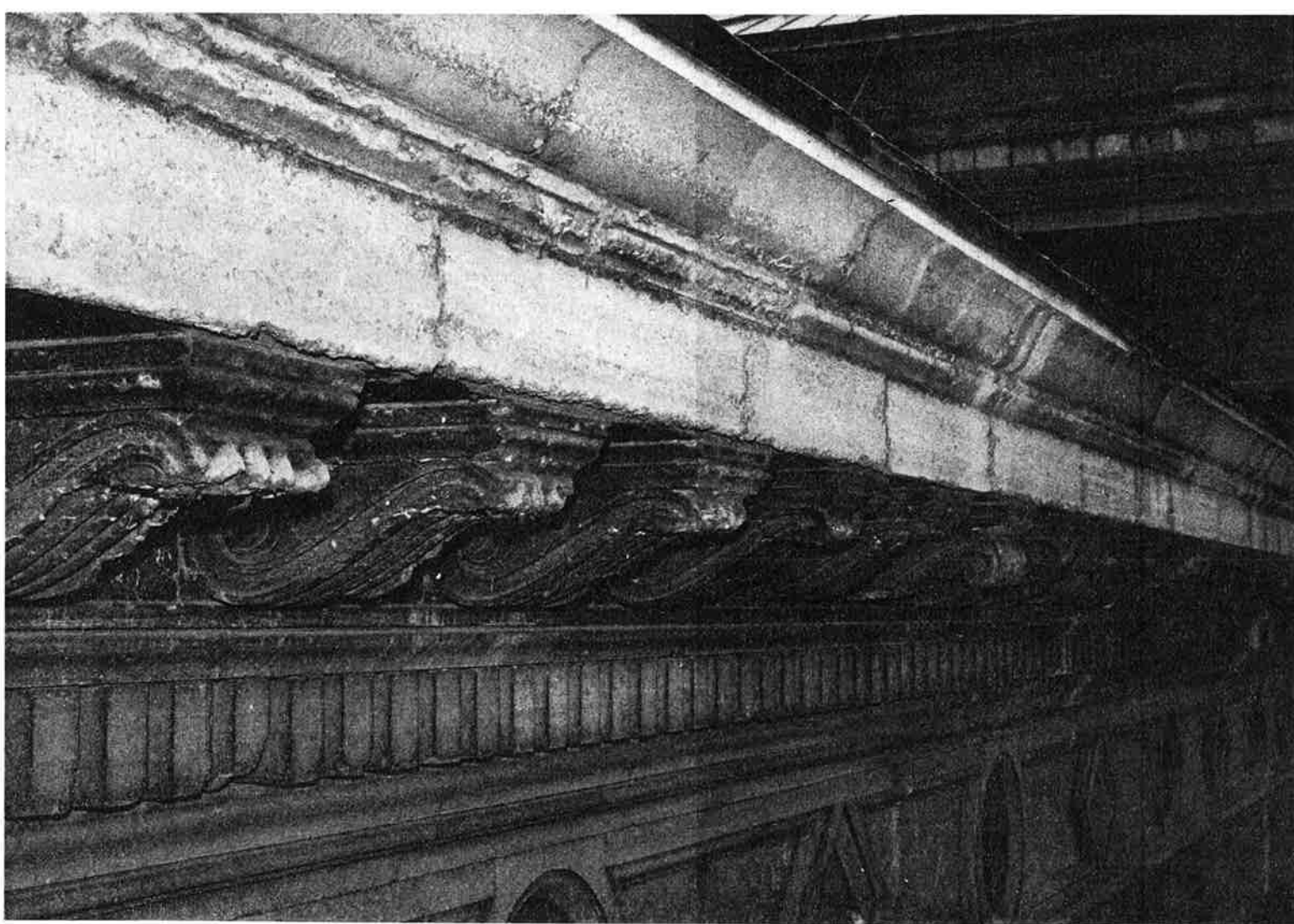
Chemical corrosion is caused mostly by acids in ground water or rain fall. The chemical corrosion attacks selectively certain minerals or in matrix between grains. Most biological weathering includes a phase of chemical weathering by specific root acids. Certain types of lichens and algae live exopetric or endopetric at the outer layer of lime-rich rock types.

Many types of weathering are caused by salts carried in the material by circulating water. By different investigations it has been shown that such salts which can occur with varying amounts of crystalline water are specially dangerous. When air humidity and temperature varies these salts recrystallize with expansion and force the material apart. It is extremely difficult to liberate an impure building material from dangerous salts: in certain cases this can be done with water extraction or electro-osmosis. The primary cause of salt accumulation is often capillarilly rising ground water and in such case first efforts should be directed towards eliminating this.

The source of weathering substances is often difficult to find out. Some corrosive agents come from impure air: these are primarily sulphur oxide gases which are formed when burning fossil fuels. These oxides are dissolved in rain water or by the dampness in the building material and become sulphur acids which are corrosive and at the same time form salts. In order to keep out water and reduce the risk for weathering attempts have been made to impregnate stone material with various water repellent of proofing agents. Most of these attempts have given negative results in reduction of weathering. Impregnation can under certain circumstances give complications: namely, if the impregnated wall already bears salts which crystallizes under the impregnated layer.

The repair of weathered parts outdoors is difficult. It is extremely difficult to get a plastic filling material which is similar to the original in expansion and water absorption. One is often therefore forced to make additions by jointing in new parts which are cut in similar stone materials.

Many processes relevant to the weathering of building materials are insufficiently known. Not least in this true of the condition concerning water, absorption and circulation. Weathering damage can also be caused by several different factors which are extremely variable and it is important therefore that the local conditions are studied in every case.



VITTRINGSSKADOR PÅ BYGGNADSMATERIAL

Av docent Arne G B Strömberg

Nedbrytningsprocesser i naturen är skenbart långsamma förlopp, som försiggår mer eller mindre kontinuerligt under längre tid. Slutresultatet kan emellertid bli ytterst påtagligt om förändringarna berör korngränser i materialens inre eller konstruktionsmässigt känsliga gränsskikt mellan olika material.

Mineraluppbyggda material, såsom natursten, betong, tegel och puts innehåller ett flertal mineralkomponenter, som sinsemellan i samma material visar olika motståndskraft mot kemisk korrosion och påfrestningar av fysikalisk art. En nedbrytning som drabbar någon enda av mineralkomponenterna i

ett sådant sammansatt material förorsakar ofta en radikal försämring av hela materialets hållfasthet och övriga mekaniska egenskaper.

Eftersom keramiska och stenartade material intar en kvantitativt dominerande plats bland alla byggnadsmaterial har nedbrytningseffekter på sådana en väsentlig teknisk och ekonomisk betydelse. Den förstöring dessa byggnadsmaterial undergår genom atmosfärisk inverkan eller genom andra i det fria verksamma processer kan i detta sammanhang rubriceras som vittring.

Med den genom motorism och industrialisering ökande halten av korroderande gaser i tätbygdsatmosfären förefaller det som om vittringsskador skulle bli allt vanligare. Även om betingelserna för vittring varierar i olika länder tycks man också på många håll utomlands ha observerat en sentida ökning av vittringsskadorna. Mest påtagliga blir dessa

DK 69.059.2

Vinjetten: Fig. 1. Takfotskonsoler med avsprängda snäckor (en återstår) vid Nationalmuseum, uppfört 1863. Ordovicisk kalksten, vittring i skiktplan genom salter och frost. Foto: G. Krendel, 1961

Vignette: Fig. 1. Eaves supports with spalled off spirals (one remains) at the National Museum, Stockholm, built 1863. Ordovician limestone, spalling in layer due to salts and frost

skador på äldre monumentalbyggnader, som ofta är inklädda och utsmyckade med huggna stendetaljer av lättvittrande sedimentära bergarter såsom kalksten och sandsten. De genom vittringen framtvungna restaurationsåtgärderna blir dyrbara och tenderar, genom skadeverkningarnas acceleration på grund av luftföroreningarna att återkomma vid allt tätare tillfällen.

VITTRING OCH VATTEN

De flesta material uppvisar en i någon form riktningssambunden struktur, som påverkar materialens fysikaliska egenskaper, t. ex. vid vattenupptagning och vattendiffusion. Lokala strukturkontraster erbjuder också ofta angreppspunkter för vittringen. Detta märks särskilt tydligt hos sedimentära (lagrade) bergarter. I sådana bergarter blir sedimentationsplanet alltid mer eller mindre starkt framträdande genom variationer i mineralornens storlek och orientering. Ordovicisk kalksten, s. k. ortocerkalk, vittrar sålunda företrädesvis genom avsprängning längs släppor efter de oregelbundna, tunna lerskikt, som i denna bergart ligger subparallellt med sedimentationsplanet. Kalkstenen blir särskilt känslig för frostsprängning, men även saltvittring angriper gärna i sådana lerskikt som erbjuder lättare passage för vatten. Det är detta vittringssätt som medför att ortocerkalksten visar dålig hållbarhet när den används i utsatta lägen, t. ex. som trädgårdssten i markyta.

För de allra flesta kemiska reaktioner är närvaro av vatten utslagsgivande. I hög grad tycks detta också gälla de fysikaliska och kemiska processer som leder till vittringsskador. Alla mineraluppbyggda byggnadsmaterial kan uppta vatten — detta gäller även ifråga om till synes kompakta naturstenar, exempelvis graniter — men permeabiliteten är beroende av storlek, form och fördelning hos porer och korngränser.

Vattnet förefaller att medverka vid vittringen på i huvudsak tre olika sätt:

1. som direkt expanderande porfyllnad (frostsprängning)
2. som medium vid kemiska reaktioner mellan i vattnet lösta ämnen och byggnadsmaterialet (kemisk korrosion)
3. som transportmedium för salter och sura oxider vilka förorsakar vittring (saltvittring).

Det i materialen förekommande vattnet kan vara av olika ursprung, nämligen restfuktighet efter byggnadens uppförande, inträngande nederbördsvatten, kondensationsfuktighet från byggnadens inre eller kapillärt stigande grundvatten. Alltefter vatt-

nets ursprung och rådande avdunstningsförhållanden förekommer vattenströmningar i olika riktningar inom en byggnadskropp. Vattenförflyttningens riktning och intensitet är ofta avgörande för uppkomsten av vittringsskador. [1]

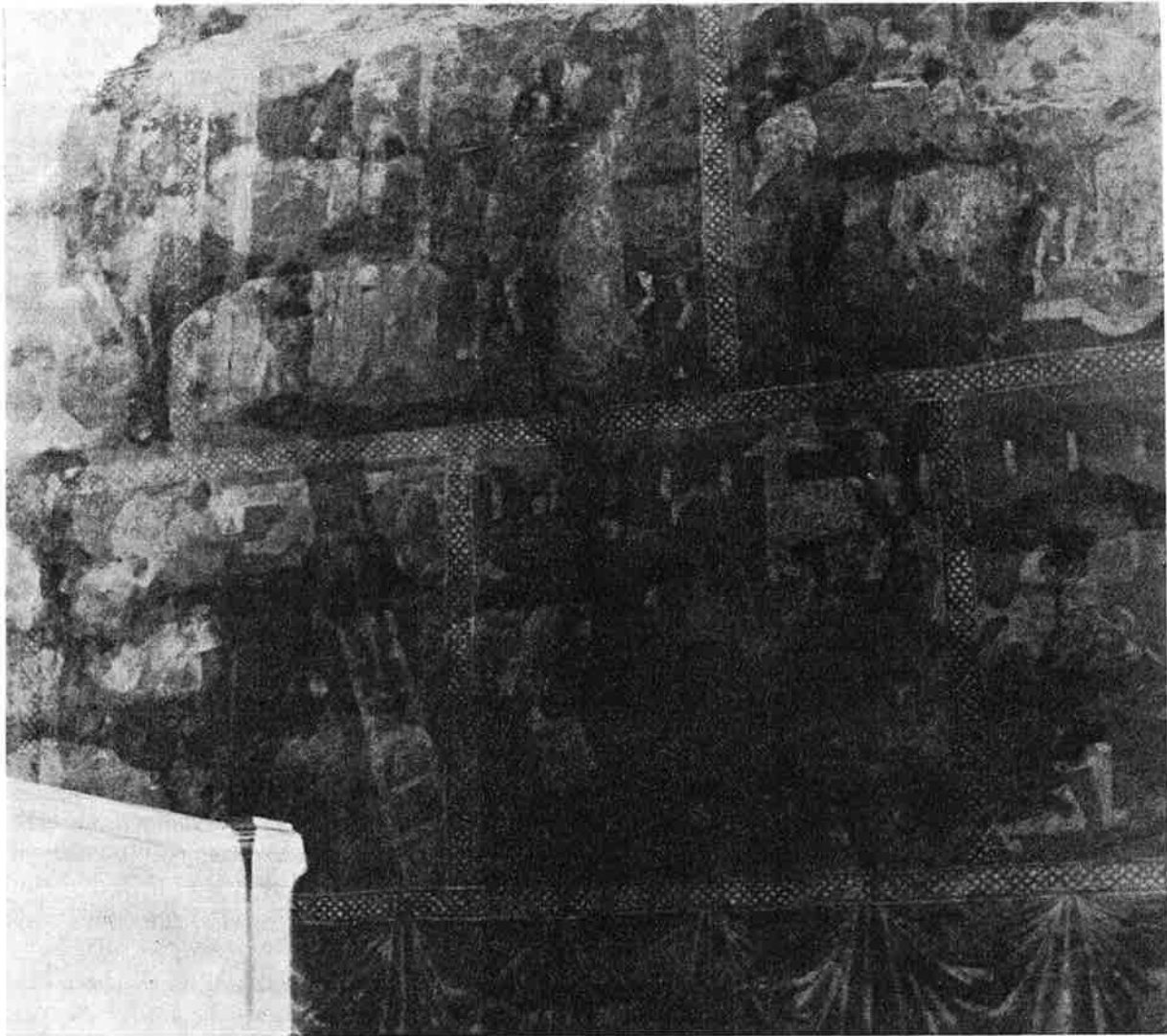
Vattnet förflyttas i riktning mot en avdunstningsyta och på den punkt där det mesta vattnet avdunstar sker den starkaste anrikningen av i vattnet lösta ämnen. Därför anrikas ibland salter i utskjutande kanter på en fasad och samlas vid kantens lägsta punkt, den s. k. droppnåsan, där slutligen saltsprängning kan bli följden. Dessa saltvandringar är också starkt beroende av stenmaterialet. Sålunda kan också skalbildning inträffa i ytskiktet genom avsättning av kalciumkarbonat eller järnhidrater.

Murverket i en byggnad anpassar sig ständigt till fuktighetsjämvikt med omgivningen. Man ser ibland på en fasadyta hur under puts-skiktet liggande byggnadsmaterial avtecknar sig genom olika fuktighet eller selektiv missfärgning i putsytan (fig. 2). Oregelbundenhet i väggens inre struktur förorsakar motsvarande olikheter i ytans fysikaliska förhållanden, troligen främst beroende på underlagets ledningsförmåga, värmekapacitet eller kapillära ledning av vatten.

FROSTSPRÄNGNING

I det nordiska klimatet pendlar utomhustemperaturen ofta omkring noll-strecket. Vittringsskador som hör samman med isbildning i stenmaterialen förorsakar därvid ibland svåra skador på natur- och konststenar. Förloppet är i princip enkelt och välbekant. Stenmaterialet upptar vatten i korngränser och porer och detta vatten övergår vid 0° C eller därunder från flytande till fast aggregationsform och ökar därvid sin volym med omkring en tiondel.

Stenmaterialet kan ofta länge motstå det inre trycket, särskilt om vattenfyllnaden i porerna är mindre än 90 %. Med en säkerhetsmarginal för materialets inhomogenitet kan man räkna med en porfyllnadsgrad av 80 % som den gräns vid vilken frostsprängning kan inträffa. Eftersom vattnets smältpunkt sjunker vid ökande tryck kan isen även deformeras plastiskt genom smältning och återfrysning. Man kan sålunda ibland se hur sprickfyllnader av is pressas ut plastiskt ur stenen som miniatyr-glaciärer. Enligt praxis bland stenhuggare kan man minska det samlade trycket i ett stenblock genom att borra ett hål in till blockets centrum. Våglängden för avlastning av istrycket till en fri yta reduceras då till hälften.



Ovan: Fig. 2. Missfärgning på den inre väggytan i en gråstenskyrka (Rasbokil, Uppland) med kalkputs och medeltida kalkmålningar. Den selektiva dammsättningen som avbildar underliggande stenblock har tillkommit under en tidsrymd av ca 30 år. Luftfuktigheten är under en stor del av året så hög att kondensationsbetingelser ofta råder vid väggen

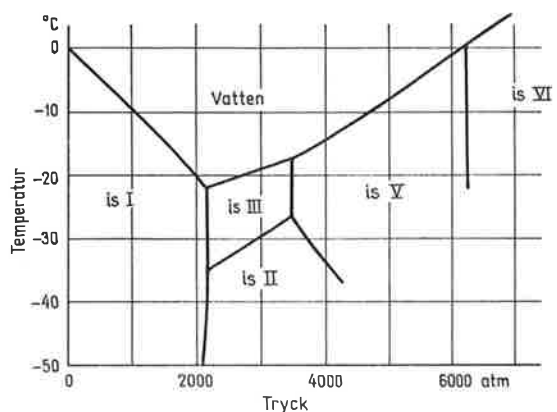
Above: Fig. 2. Staining on the inner surface of a granite church (Rasbokil, Uppland) with lime plaster and mediaeval lime paintings. The selective dust deposit which shows the stone blocks behind has come during a period of about 30 years. Air humidity is so high that during a large part of the year condensation can occur at the wall

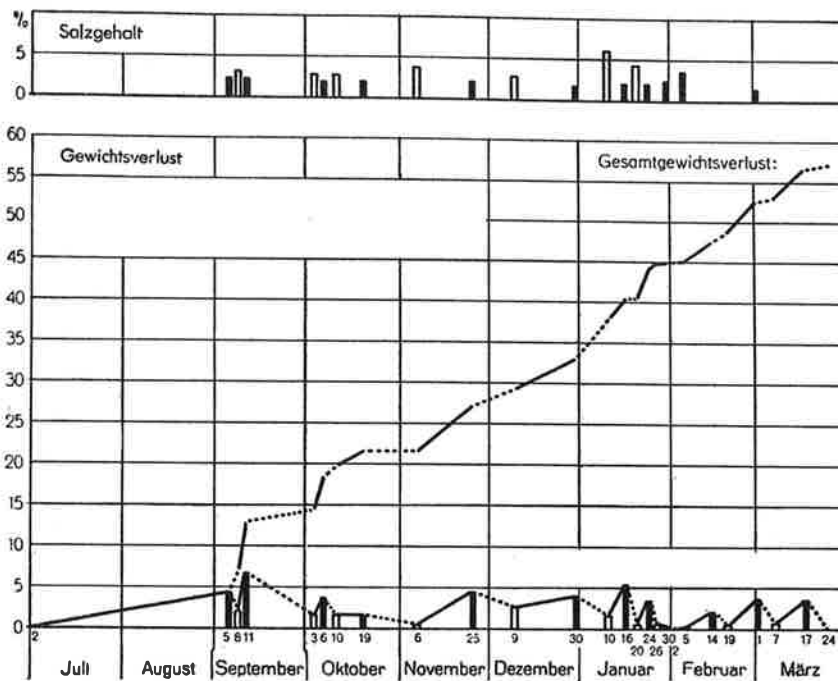
Nedan: Fig. 3. Tillståndsdigram för vatten

Below: Fig. 3. Diagram showing P, T-conditions of water—ice

Det tryck isen maximalt kan utöva på inneslutande porväggar bestäms av rådande temperatur enligt tillståndsdigrammet för vatten (fig. 3). Vid $-21,6^{\circ}\text{C}$ når detta tryck ett maximivärde av 2 100 atm. Dessa tryckvärden uppnås dock knappast i materialen eftersom en viss permeabilitet existerar mellan porerna och obetydliga rester av luft ger ett mer elastiskt, lägre tryck.

Förutom av porfyllnadsgraden är tendensen till frostsprängning beroende av materialets mikrostruktur och särskilt porernas storlek och form. [2] [3]





T. v: Fig. 4. Avsändning (viktsförlust i procent) under nio månader från en med Na_2SO_4 indränkt provkropp av sandig kalksten vid förvaring omväxlande i rumsluft (relativ fuktighet 45–70 %) vita staplar, respektive i fukt-kammare (slutet rum över vatten) svarta staplar. Överst: salthalt i det avsandade materialet. Enligt A Schmölder, 1936

Left: Fig. 4. Sand loss (by weight in per cent) during nine months from a test piece of sandy limestone soaked with Na_2SO_4 and kept alternately in room air (relative humidity 45–70 %)—white columns, and damp chamber (closed space over water)—black columns. Above: salt content of the lost material. According to A Schmölder, 1936

KEMISK KORROSION

Den kemiska vittringen angriper mineralen i ett material selektivt, så att vissa mineral korroderas snabbare än andra, varigenom den vittrade ytan på grovkristallina eller heterogena material får ett karaktäristiskt skovligt utseende. Kalcit och kalkrik plagioklas anfräts redan av luftens och nederbörds-vattnets kolsyra, under det att t. ex. kvarts och kalifältspat är mer motståndskraftiga. Den kemiska vittringen av silikatmineral sker ofta stegvis, varvid nya mineral bildas som mellanled.

I de fall då bindemedlet, exempelvis i en sandsten, är mindre resistent än de klastiska strökornen korroderas bergarten i kornmellanrummen, varigenom sandkornen successivt lösgörs (avsändning). Gotländsk sandsten innehåller insprängd kalcit i ett svagt petrifierat matrix och vittrar därför bland annat på detta sätt, under det att den jotniska Gävle-Dalasan sandstenen har kisel-syra som bindemedel och därför blir mer resistent mot kemisk och annan vittring. Genom sin mer kvartsitiska karaktär är emellertid sistnämnda bergart hård och svårare att bearbeta stenhuggeritekniskt, varför den endast undantagsvis använts som byggnadsmaterial (Älvdalens kyrka, detaljer vid Mälsåkers slott).

BIOLOGISK VITTRING

Lavar medverkar ofta vid kalkhaltiga materials vittring. Vissa lavarters kalklösande hyfer kan nå ända

ned till ett djup av 19 mm under ytan på stenen. Även silikatbergarter har uppetts kunna vittra genom lavars medverkan. Den av lavarnas hyfer framkallade kemiska korrosionen på olika mineral antas kunna ske genom inverkan av komplexbildande specifika lav-syror.

En intressant form av biologisk vittring framkallas av kalkvittrande mikroskopiska alger som lever inne i ytskiktet av kalkstenar och dolomitbergarter, varvid bergartens ytskikt uppluckras. Denna algflora kan ligga 4–8 mm under stenens yta. [4]

Högre växter kan också orsaka skador, t. ex. klängväxter genom rotkorrosion. Skuggning och fukt från tätstående trädslövsmassor kan indirekt gynna tillväxten av vittringsökande lavar.

Förutom den biologisk-kemiska korrosionen tillkommer en mekanisk effekt genom organismens tillväxt, eventuellt kombinerat med frostsprängning.

SALTPRÄNGNING

Då saltkristaller tillväxer inne i ett material uppstår ibland ett visst expansivt tryck som kan ha olika orsaker.

Om en övermättad, innesluten lösning har en mindre volym än kristalliserat salt + mättad lösning, inträder ett inre övertryck vid kristallisationen. Detta tryck blir beroende av förhållandet mellan koncentrationerna (graden av övermättad) och blir även praktiskt sett avhängigt av lösningens diffusionsmöjlighet inom materialet.

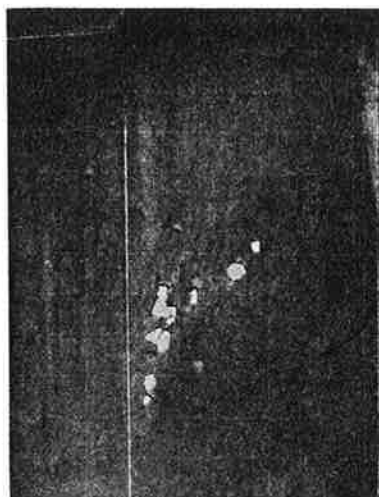
En direkt mekanisk s. k. kristallisationskraft kan tänkas uppstå vid en tillväxande kristalls yta. Denna effekt har experimentellt undersökts av bl. a. C W Correns (1939) och teoretiskt härlett av H Ramberg. [5-8]

De flesta lösliga salter tycks kunna förorsaka saltvittring. I saltanlagring på byggnader har sålunda påträffats nitrater, sulfater och klorider av alkali-metaller, jordalkalimetaller och magnesium. Särskilt farliga syns sådana salter vara som kristalliserar med olika kristallvattenhalt alltefter temperatur och vattenångans partialtryck i omgivande luft. Exempel på sådana salter är natriumsulfat, vilket antingen kristalliserar som thenardit Na_2SO_4 eller som glaubersalt $\text{Na}_2\text{SO}_4, 10 \text{H}_2\text{O}$, samt magnesiumsulfat $\text{MgSO}_4, (2-12) \text{H}_2\text{O}$. [9-12]

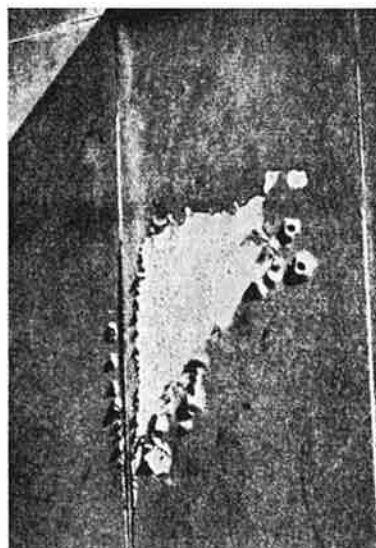
Genom att fuktighets- och temperaturförhållanden varierar, sker upprepade omkristallisationer och förflyttningar av salt, varigenom motsvarande variationer uppträder i spänningsförhållandena inom materialet (fig. 4). Detta förlorar så småningom i hållfasthet, troligen delvis genom utmattningseffekter, och spricker eller faller sönder. På samma sätt som frostvittringen sker genom en fasomvandling vätska-fast fas, förorsakas även saltsprängning av fasomvandlingar, med jämvikter som är särskilt labila hos salter med variabel kristallvattenhalt.

Saltskador får ofta formen av en avskalning av ett ytskikt, s. k. skalvittring (fig. 5 och 7). Icke-kristallina kalkstenar får saltanlagring i lerlager och mikroskopiska sprickor, längs vilka oregelbundna, ytliga fragment sprängs loss. Hos sandsten kan skalorna ibland bli flerdubbla. [13]

Skalvittringen beror troligen på att salterna transporteras fram med avdunstande vatten och avlagras några millimeter under ytan. Sedan det första skalet brustit och delvis avsandats, upprepas förloppet så att ett inre skal bildas osv.



1937



1938



1939

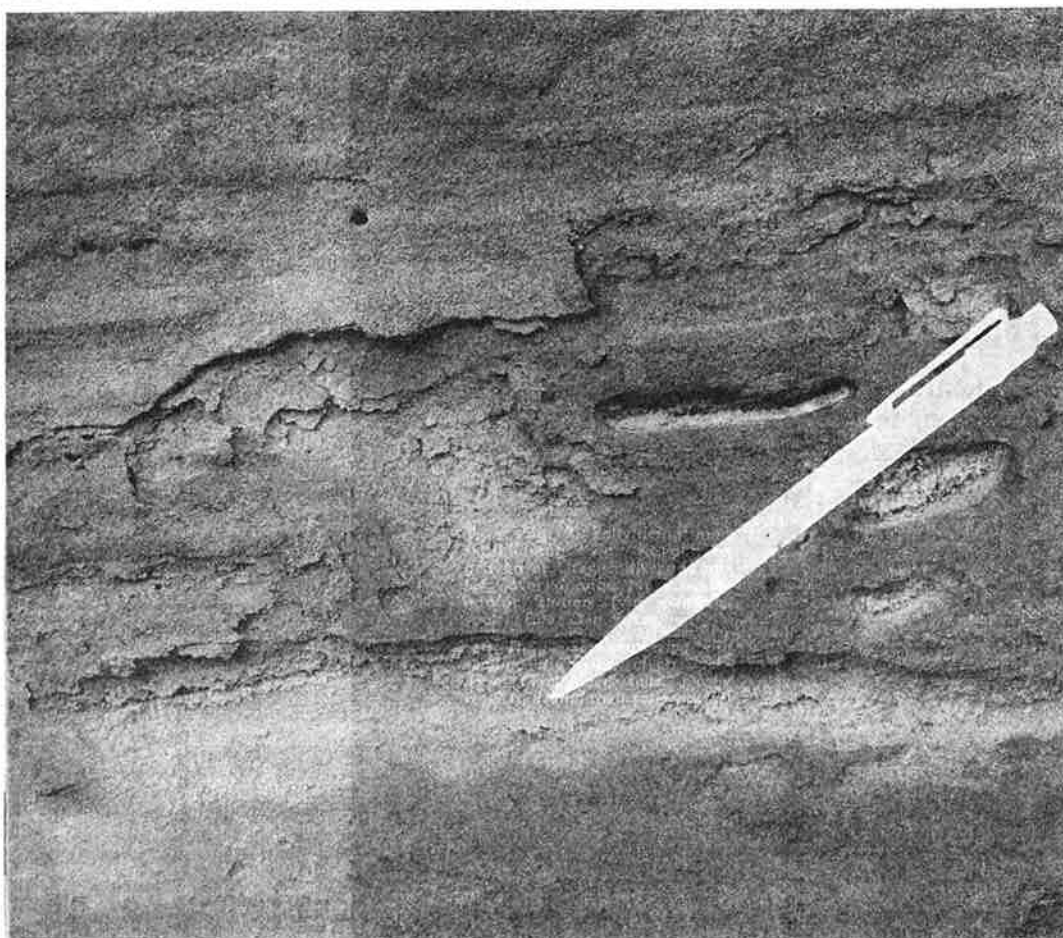
T. h: Fig. 5. Avancerande skador genom skalvittring och avsandning på en vertikal fasadyta vid Kunsthaus, Luzern. Byggnaden bekläddes år 1932 med dessa plattor av kalkrik sandsten. Vittringens hastighet framgår av årtalen. Enligt F de Quervain, 1945

Right: Fig. 5. Developing damage caused by shell weathering and sand loss on a vertical façade surface at Kunsthaus, Luzern. The building was clad in 1932, with slabs of lime-rich sandstone. The speed of the weathering can be seen by the year. After F de Quervain, 1945



T. v: Fig. 6. Karolinska gravkoret vid Riddarholmskyrkan, byggt av golländsk sandsten åren 1700—1740. Flera restaureringar har utförts, liksom försök till skyddsimpregnering. Foto: Sten Vilson

Left: Fig. 6. Carolean crypt at Riddarholm's Church, Stockholm, built of Gollandian sandstone 1700—1740. It has been restored many times and attempts have been made to impregnate



T. v: Fig. 7. Saltvittring med skalbildning vid Karolinska gravkoret. Ut-kristalliserade salter, övervägande Na_2SO_4 , innanför skalen (vid pennans spets). Foto: Sten Vilson

Left: Fig. 7. Salt-weathering with spalling at Carolean crypt, Stockholm. Crystallized salts, mostly Na_2SO_4 , behind shell (at penpoint)

Likartade skador kan ibland observeras på murbruk. Sålunda har saltvittring med skalbildning observerats exempelvis i fogbruket på Engelbrektskyrkan i Stockholm. I många kyrkor med tjocka gråstensmurar erbjuder saltskador i kalkputsens på murens insida besvärliga problem (fig. 8).

Salternas ursprung är i de flesta fall föga känt, ehuru fuktvandringar i murverket kan ge en antydning om transportriktningen. Det torde få anses fullt normalt med en viss förekomst av lösliga salter i murverk, vare sig detta är konstruerat av natursten eller konststen. Ibland kan salterna ha tillförts i murbruk eller byggnadssten. Vid flertalet fall av allvarliga saltskador syns dock salterna härröra från grundvatten som vandrar upp i murverket (Tynnelsö slott).

AVSALTNING

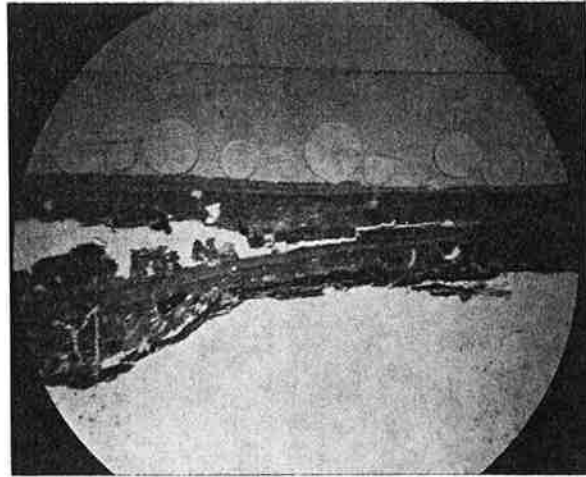
Om ett murverk redan är impregnerat av salter ställs man inför svårigheten att avlägsna eller oskadliggöra dessa. Salterna är ju i större eller mindre grad vattenlösliga och huvudprincipen måste bli någon form av extraktion i vattenfas. Om så är möjligt bör man söka ändra fuktvandringens riktning.

Vid avsaltning av mindre museiföremål av sten har man använt följande metod. Pappersmassa defibreras till en fibergröt, som breds ut över stenytan i ett tjockt skikt. Stenmaterialet bör då först vara mättat med avjoniserat eller saltfattigt vatten. Den omgivande luften hålls vid måttlig torrhet, så att en kontinuerlig avdunstning sker från pappersmassans yta. Därvid transporteras salterna från stenen ut i pappersmassan och kan avlägsnas med denna. Proceduren upprepas med tvättad eller ny pappersmassa tills saltmängden och saltvandringen avtagit, vilket kan kontrolleras exempelvis med ledningsförmågemätning i pappersmassans tvättvatten.

En modifierad teknik kan möjligen tillämpas för avsaltning av ett saltmättat murverk om man utbyter pappersmassan mot en fasadputs av lämplig tjocklek och sammansättning. Vid gynnsamma torkningsbetingelser under våren och försommaren diffunderar salter med avdunstande vatten ut i puts-skiktet.

Avlägsnandet av salterna ur putsen på ett ekonomiskt försvarbart sätt torde emellertid bli ett besvärligt problem.

Genom elektrolys kan salterna också sönderdelas och bringas att vandra, exempelvis delvis ned i grundvattnet, där elektrolyten kan spolas bort vid den ena elektroden.



Ovan: Fig. 8. Mikrofoto av tvärsnitt i avflagnande kalkputs med färgskikt från den inre väggytan i Finja kyrka, Skåne. Kalkskiktet som tydligen tillkommit genom minst sju kalkpåslag har uppluckrats och sprängts ut av kristalliserande salter. 20 gångers förstoring

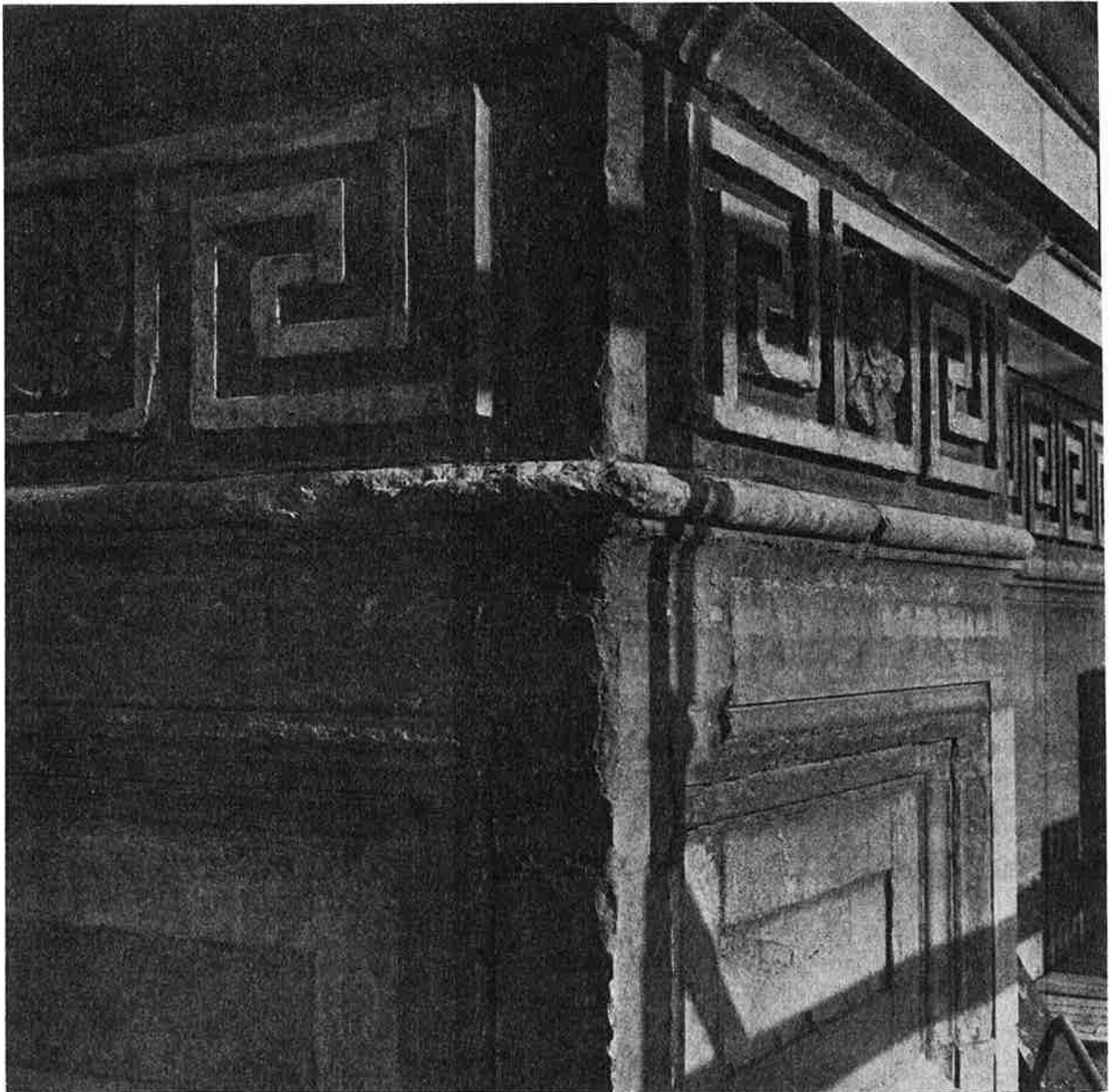
Above: Fig. 8. Micro-photo of cross section of flaked lime-plaster with pigment-layer from the inner wall surface in Finja Church, Skåne. The lime-layer has apparently been made by at least seven coats of lime and has been made loose and forced out by crystallized salts. Magnification 20 times

KAPILLÄRT STIGANDE GRUNDVATTEN

I äldre byggnader saknas vanligen grundisolerering mot inträngande fukt. Men även åtskilliga grundisoleringar som utförts i sen tid kan ha dålig effekt. Om en sådan bristfällig fuktisolerering medför några komplikationer för byggnaden beror för övrigt av markens dränering och övriga beskaftenhet. I detta sammanhang kan nämnas att en fuktisolerering som lagts på grundmuren i form av en vattenemulsion av asfalt eller andra hydrofoba ämnen ej ger ett för vatten helt ogenomträngligt skyddsskikt, för såvitt det torkade skiktet ej eftervärmts till smältning.

Grundvattnets kapillära stigning upp genom murverket är beroende av många faktorer, såsom strukturer hos byggnadsmaterialet, grundvattennivån etc. Den kapillära stigningen i murverket går upp till den nivå där den motbalanseras av vattnets avdunstning. [1]

Flera motåtgärder har provats mot skador genom stigande grundvatten. En av dessa bygger på elektroosmotisk förträngning av vattnet. Vid elektrolys vandrar nämligen en vattenmolekyl med varje positiv vätejon i form av den s. k. hydroniumjonen, H_3O^+ , vilken därtill är hydratiserad med ytterligare några vattenmolekyler. Man kan sålunda driva



Ovan: Fig. 9. Saltvittring i ordovicisk kalksten. Nationalmuseum, meanderslinga mellan andra och tredje våningen vid byggnadens sydvästra hörn. Foto: B Hallström, 1961

Above: Fig. 9. Salt weathering in Ordovician limestone. National Museum, Stockholm, frieze between second and third floor at south-west corner of building

vattnet tillbaka ner i marken genom att med elektroder lägga en positiv spänning på väggen.

En uttorkning genom uppborrnig av snett uppåt riktade hål vid murfoten har prövats på kontinenten, ehuru till synes med osäkert resultat.

LUFTFÖRORENINGAR

Stora mängder svaveloxider frigörs ur fossila bränslen. En värmecentral som per år förbrukar 100 ton

eldningsolja med en svavelhalt av 1 % skickar med rökgaserna ut SO_2 och SO_3 till en mängd motsvarande 3 ton svavelsyra. Det mesta av dessa korroderande oxider tvättas ur och följer med regnvattnet under det att någon liten del direkt upptas i fuktiga material. Detta exempel visar storleksordningen av den nutida föroreningen av korroderande gaser i luften. För luftföroreningarna känsliga organismer, såsom de flesta stenlavar, har numera försvunnit från storstäderna såsom fallet är i Stockholms innerstad.

Luftföroreningarnas ökning och betydelse har alltmör observerats på senare år. [14]

Det är mycket svårt att beräkna i vilken mån luftföroreningarna medverkar vid vittringen, eftersom exakta uppgifter och mått på vittringens snabbhet under olika förhållanden hittills saknas (fig. 5). Uppgifter om starkt accelererad vittring i den industriella tidens atmosfär har lämnats från skilda håll. [15]

Även i en ostörd, naturlig miljö förekommer luftburna, vittringsfrämjande ämnen. Kolsyra och nitrater förekommer normalt i små mängder i regnvatten och luftburna salter av marint ursprung uppträder i kusttrakter. Dessa ämnen kan medverka vid kemisk korrosion och saltsprängning på stenmaterial.

IMPREGNERINGAR

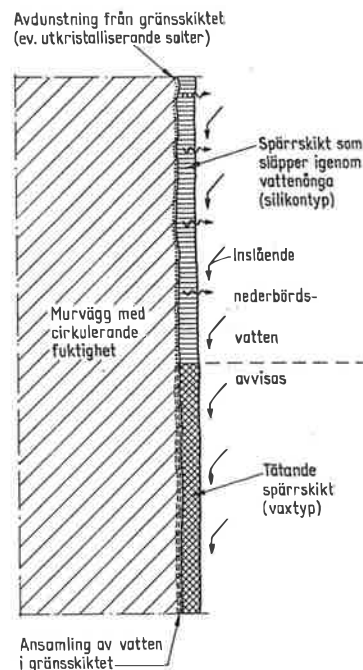
De flesta försök som gjorts att genom impregnering hejda vittringsskador har byggt på otillräcklig kännedom om vittringens orsaker. I avsikt att förbättra stenens motståndskraft mot vittring har man impregnerat fasadytor med olika preparat, som allt efter sitt verkningsätt kan indelas i tre kategorier:

1. Preparat som enbart gör materialet vattenavstötande. (Silikoner i vattenlösning eller oljebas)
2. Preparat som gör ytan svärgenomtränglig för vatten och vattenånga. (Paraffin, vaxer, linoljepreparat, aluminiumstearat, etc.)
3. Preparat som verkar cementerande i lösa ytskikt. (Silikofluorider, kiselsyrestrar, etc.).

Då vatten är en så aktiv faktor vid vittringen kan det förefalla som om preparat av den första kategorin skulle erbjuda en idealisk lösning på vittringsproblemen. Flytande vatten avvisas från en med silikonpreparat behandlad fasad, under det att väggens inre fuktighet kan avdunsta tvärs igenom det impregnerade ytskiktet. Vid avdunstningen avlagras emellertid salter under ytskiktet, utan att regnvattnet kommer åt att tvätta bort salterna (fig. 10). Under vissa förhållanden kan detta möjligen förorsaka saltvittring. Det är dock troligt att en impregnerad vägg uttorkas i så hög grad att risken för en sådan saltvittring blir obetydlig. Silikonpreparatets verkan som vittringsskydd blir tydligen beroende av fuktvandringens riktning och intensitet.

Impregnering med preparat av kategori två torde alltid göra mera skada än nytta genom att murverkets fuktighet blir instängd (fig. 7). Avskalning av det impregnerade ytskiktet inträffar och vittringen fortsätter.

Preparat av den tredje typen har tillgripits när



Ovan: Fig. 10. Skiss över fuktighets- och avdunstningsförhållanden vid olika impregnering av en porös yttervägg

Above: Fig. 10. Sketch of damp and evaporation conditions with different impregnation of a porous wall

man velat åter cementera ihop och i någon mån täta de uppluckrade ytskikten i ett material där kornbindemedlet förstörts genom vittring. Organiska kiselsyrestrar i alkohollösning (Silicaseal) har använts, samt vattenlösliga, komplexa fluorider (fluatering). I det förra fallet hydrolyseras efterhand estern av vatten under utfällning av kiselsyra i stenen och i det senare fallet bildas olösliga fluorider, t. ex. flusspat. Dessa cementerande preparat förmår tyvärr knappast brygga över sprickor i ett starkt vittrat material, men torde ändå kunna vara till nytta i speciella fall.

Ofta marknadsförs nya preparat med mirakulösa egenskaper för skydd mot fukt och vittringsskador. Tidigare erfarenheter talar emellertid för att man bör visa försiktighet i synnerhet som preparatens sammansättning mera sällan öppet redovisas.

LAGNINGAR

Vittring i ett framskridet stadium medför ibland så stora skador på en byggnadsdetalj att kompletteringsåtgärder blir aktuella.

Det finns numera ett stort antal preparat av härdplasttyp, som utmärkt väl lämpar sig för komplettering på stendetaljer inomhus. Vanligast är polyestrar, av vilka monomeren blandas med härdare, försätts med stenmjöl som filler och därefter applice-

ras på det skadade stället. Mer hållbar är araldit-plast, som har obetydlig krympning och god åldringsbeständighet.

Tyvärr befinner sig den skadade stendetaljen i allmänhet utomhus och i den miljön blir problemen svårare att bemästra. Vid alla kompletteringsmaterial föreligger utomhus en risk för kontrast i permeabilitet mellan sidostenen och kompletteringsmassan. I allmänhet torde hydrofob tendens hos plastbindemedlet medföra en mindre stark vattenupptagning i kompletteringsmaterialet än i omgivningen (fig. 11). I gränsskiktet uppträder då en ansamling av vatten eller salter och därmed är förnyad vittring i full gång, kanske i en värre form än före kompletteringen.

Komplettering i ett stenmaterial utomhus får sålunda en osäker varaktighet och man blir ofta tvungen att välja en annan utväg vid restauration av vittringsskadade byggnadsdetaljer, nämligen omhuggning av skadade stenar i friskt material. Om originaldetaljen är värdefull kan den då lämnas till museal förvaring.

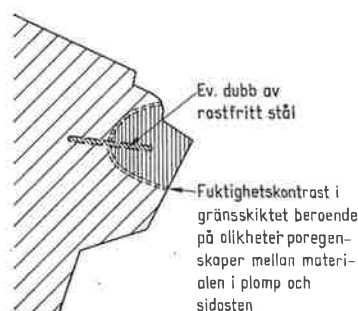


Fig. 11. Skiss över en lagning i natursten
Fig. 11. Sketch of repair of stone

UNDERSÖKNINGAR

Av ovanstående torde framgå att orsakerna till vittring kan variera från fall till fall. Innan några som helst åtgärder vidtas mot vittringsskador bör man närmare undersöka vittringens orsaker. Lokala förhållanden bestämmer fuktvandringens riktning och intensitet, känsligheten för olika påfrestningar beror av materialets sammansättning och struktur osv. Tyvärr är detaljerna i vittringsförloppen ännu otillräckligt kända. I den mån kännedomen om dessa processer ökar, kan man även vänta tekniskt värdefulla informationer om förhållandena i bindeskikt mellan olika material.

Genom Statens råd för byggnadsforskning har författaren beretts tillfälle att studera några fall av vittringsskador, varav vissa resultat omnämnts i det föregående. Det är att hoppas att dessa erfarenheter kan stimulera och tjäna till utgångspunkt för andras vidare insatser på detta område.

LITTERATUR

- [1] Kieslinger, A: *Feuchtigkeitsschäden an Bauwerken*. Zement und Beton, nr 9, 1957
- [2] Carlsson, O: *Porstorlek och frostbeständighet hos tegelmaterial*. Chalmers Tekniska Högskolas Handlingar 148, 1954
- [3] Sandford, F och Liljegren, B: *Torkningen av råtegel och dennas inverkan på teglets frostbeständighet*. Chalmers Tekniska Högskolas Handlingar 160, 1955
- [4] Hedvall, J A: *Chemie im Dienst der Archäologie Bautechnik Denkmalpflege*. Göteborg, 1962
- [5] Correns, G W: *Growth and dissolution of crystals under linear pressure*. Disc. of the Faraday Soc. nr 5, 1939, sid. 267-271
- [6] Correns, G W och Steinborn, W: *Experimente zur Messung und Erklärung der sogenannten Kristallisationskraft*. Fortschritte Mineralogie Petrografie, Bd 23, H. 2, 1939
- [7] Fillunger, P: *Über Verwitterung durch Kristallisationsdruck*. Geologie und Bauwesen, nr 5, 1933, sid. 1-13
- [8] Ramberg, H: *The force of crystallization as a well definable property of crystals*. Geologiska Föreningens i Stockholm förhandl. Bd 69, 1947
- [9] Hagerman, T: *Saltvandring i bergarter*. Teknisk Tidskrift, nr 13, 1956, sid. 293-296
- [10] Schmölzer, A: *Zur Entstehung von Witterungsskulpturen an Bausteinen*. Chemie der Erde, nr 10, 1936, sid. 479-520
- [11] de Quervain, F: *Verhalten der Bausteine gegen Witterungseinflüsse in der Schweiz*. Teil I. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, 23 Lieferung, 1945
- [12] de Quervain, F och Jenny, V: *Verhalten der Bausteine gegen Witterungseinflüsse in der Schweiz*. Teil II. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, 30 Lieferung, Bericht Nr 178, 1951
- [13] Ljung, S: *Om vittringsskador på Karolinska gravkorets fasad*. Geologiska Föreningens i Stockholm förhandl. Bd 83, H. 3, 1961
- [14] Wedin, B: *Luftens föroreningar och betydelsen därav*. Svensk Naturvetenskap 1960
- [15] Plenderleith, H J: *Conservation of antiquities and work of art*. London, 1957
- [16] Kieslinger, A: *Zerstörungen an Steinbauten*. Leipzig och Wien, 1932
- [17] von Moos, A och de Quervain, F: *Technische Gesteinskunde*. Birkhäuser, Basel, 1948
- [18] Rathgen, Fr och Koch, J: *Verwitterung und Erhaltung von Werksteinen*. Berlin, 1934

Särtryck Utgivare: Statens råd för byggnadsforskning

- 1960: 2. *Jacobsson, Meise*. Monteringsbyggeri i Europa. 8 s. Kr. 1:50.
3. *Mandoff, Sven*. Förinställningsberäkning — ett viktigt led i värmeanläggningens projektering. 16 s. Kr. 3:—.
4. *Eneborg, Ingmar*. Värmeutbytet vid sopeldning. (Två artiklar.) 11 s. Kr. 3:—.
5. *Weitin, Olie*. Märkeexploatering. 7 s. Kr. 1:50.
6. *Saare, Erik*. Aldringsbeständighet hos byggnadsmaterial av plast. 8 s. Kr. 1:50.
7. *Jacobsson, Meise*. Byggnaders underhåll — ett viktigt forskningsområde. 8 s. Kr. 2:—.
8. *Fynelius, Sven*. Kan det äldre villabeståndet förnyas? 4 s. Kr. 1:50.
9. *Eneborg, Ingmar* och *Nilsson, Stig*. Problem kring soporna. 7 s. Kr. 2:—.
- 1961: 2. *Nyquist, Ingemar* resp. *Jansson, Ingvar*. Den III internationella betongvarukongressen, Stockholm, 16—22 juni 1960. RILEM:s lättbetongsymposium, Göteborg, 20—23 juni 1960. (Två sammanfattningar.) 8 s. Kr. 2:—.
3. *Därke, Lars*. Varmvattenförbrukning i lägenheter med och utan varmvattenmätare. Kr. 3:—.
4. *Brandt, Ove*. Luft- och stegljudsisolering i monteringsbyggda bostadshus. 8 s. Kr. 12:—.
5. *Pleijel, Gunnar*. Fönsterglasens transmission av strålning från sol och himmel. 8 s. Kr. 2:—.
7. *Rasmussen, Poul*. 1. Försök med nersotning av en värmepanna. 2. Hur ofta lönar det sig att sota en värmepanna? — Nomogram för bestämning av optimala sotningsintervaller. Kr. 3:—.
8. *Löfstedt, Börje*. Vertikal temperaturgradient och väggtemperatur — modellförsök i klimatkammare. 8 s. Kr. 2:—.
9. *Holm, Lennart*. Ett svenskt institut för byggnadsforskning. 8 s. Kr. 1:—.
11. *Brandt, Ove* och *Bring, Christer*. Stegljudsisolering och beständighet mot intryck hos golvbeläggningar på massivbjälklag av betong. 15 s. Kr. 2:—.
12. *Löfstedt, Börje* och *Ronge, Hans*. Strålningsdrag från en kall fönsteryta. Experimentell undersökning med värmefflödesmätning. 7 s. Kr. 2:—.
13. *Trägårdh, Uno*. Korrosion på varmvattenrör inbäddade i betong. 4 s. Kr. 2:—.
- 1962: 1. *Holm, Lennart*. Konsumtionsanpassade bostäder. 11 s. Kr. 2:—.
2. *Löfstedt, Börje*. Värma rumsklimats inverkan på människans komfort och prestationsförmåga. 11 s. Kr. 2:—.
4. *Bring, Christer*. Avtorkningsanordningar i entréer. 8 s. Kr. 2:—.
6. *Bildmark, Knut*. Byggnadselementens uppskattade ekonomiska varaktighet och tidsintervaller för underhåll. 67 s. Kr. 7:—.
7. *Saare, Erik* och *Jansson, Ingvar*. Measurement of Thermal Conductivity of Moist Porous Building Materials with Particular Emphasis on the Thermal Conductivity of Cellular Concrete. 17 s. Kr. 3:—.
8. *Jacobsson, Meise*. Utvecklingsgruppen — ett medel för bättre byggnadsplanering. 7 s. Kr. 2:—.
9. Aktuella värmeisoleringsproblem. Några undersökningar vid Institutionen för byggnadsteknik, KTH. 76 s. Kr. 10:—.
10. *Hanson, Rune*. Takterrasser och plana industritak — tre artiklar. 16 s. Kr. 3:50.
13. *Saretok, Vitold*. Mur- och putsbruk i teori och praktik. 11 s. Kr. 3:—.
14. *Rasmussen, Poul*. Termiskt drag hos oljeeldade villapannor. 12 s. Kr. 3:—.
15. *Bring, Christer*. Värmebehaglighet hos golv. 11 s. Kr. 3:—.
- 1963: 1. *Högberg, Erik*. Vidhäftningsundersökningar. 12 s. Kr. 3:—.
3. *Fusch, Roland*. On the Deformation Processes in Stressed Clay. 8 s. Kr. 3:—.
6. *Fischer, Hans Christian* och *Hellman, Lars*. Påslagningen och stötvågsteorin. 8 s. Kr. 3:—.
7. *Eriksson, Boike* och *Jonson, Jan-Åke*. Betongväggar gjutna vid kall väderlek. 4 s. Kr. 3:—.
8. *Sahlén, Sven*. Gränslastmetodens tillämpbarhet på cylinderskal. 27 s. Kr. 4:—.
9. *Rasmussen, Poul*. Bedömning av oljeeldade pannor. 4 s. Kr. 3:—.
11. *Jacobsson, Meise*. Dörrtillverkning i långa serier. 8 s. Kr. 3:—.
12. *Ödeen, Kai*. Teoretisk bestämning av temperaturförloppet i några av brand påverkade konstruktioner. 12 s. Kr. 4:—.
14. *Bring, Christer*. Badrumsgolv av vinylplastmattor — en inventering. 4 s. Kr. 3:—.
15. *Kihlman, Tor*. 1. Rumsisolering mot luftljud i bostadshus. *Berglund, Per-Henrik* och *Kihlman, Tor*. 2. Aktuella stegljudsisoleringsfrågor. 1963. 19 s. Kr. 6:—.
- 1964: 1. *Hellsten, Göran*. Elementhus. 11 s. Kr. 3:—.
2. *Nylund, Per-Olof*. Fogar i ytterväggar av betong — fogmassor. Fogmassor som tätning i betongfasader. 11 s. Kr. 4:—.
3. *Andersson, Jan*. Genomstansning av Lift Slabs. Dimensionering av Lift Slabs med hänsyn till genomstansning. 52 s. Kr. 9:—.
4. *Brown, Gösta*. Metod för datamaskinberäkning av värme- och ljusstrålning i rum samt av kyl- och värmebehov. 32 s. Kr. 7:—.
5. *Larsson, Olov*. Årsverkningsgraden vid en medelstor oljeeldad värmecentral — direkt och indirekt metod. 12 s. Kr. 3:—.
6. *Hansen, Torben*. Estimating stress relaxation from creep data. 4 s. Kr. 3:—.
7. *Rémors, William*. Operationsanalys i brittiskt byggande. 8 s. Kr. 3:—.
8. *Nuder, Ants*. Korrider för vertikalkommunikationerna i bostadshus med 3—16 våningar — några tillämpningsexempel. 16 s. Kr. 7:—.

PRIS KR. 3:—

Distribueras av AB Svensk Byggtjänst
Kungsgatan 32, Stockholm C
Tfn 08/24 28 60 Pg 540 33