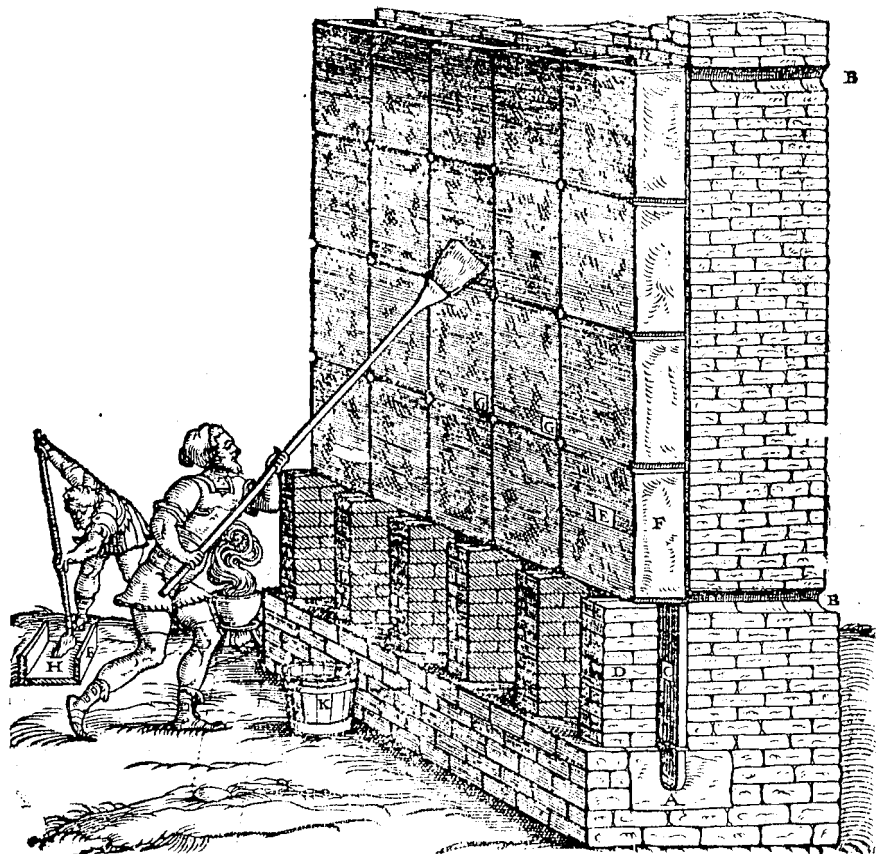


Uppstigande markfukt

Teknisk rapport



Uppstigande markfukt

Lösningar och kompromisslösningar

Kritisk genomgång av aktuella metoder för att hindra kapillärt uppstigande markfukt i äldre murverkshus och kompromisslösningar för att kunna använda vissa skadade utrymmen.

Projektledare: Jan Nyberg *SFV*

Text: Pedro Gandra *Restaurator AB*

Bild: Hans Sandqvist *Bildinformation* och Ola Thafvelin

Tekniskt stöd: Lars Andersson *SFV*

Referensgrupp: Patrik Häggstrand *SFV*, Bertil Mattsson *KTH*,

Åke Grönlund och Eva Wockatz *Restaurator AB*,

Lennart Bergström *Rikswapnet* samt Sten Tiderman *Svenska Bostäder*.

Omslagsbild visar väggkonstruktion för fuktiga rum. Illustration av Giovanantonio Rusconi, Italien, 1500-talet ur "Arkitektur"

Hänvisar till Vitruvius beskrivning från ca 30 f.kr.

På sista sidan visas försättsbladet till en tysk fuktavhandling översatt och tryckt 1824.

Innehåll

Sid

Sammanfattning	6
-----------------------------	----------

Inledning

Bakgrund	6
Syfte	9
Metodik	9

Allmänt om fuktskador

Kort introduktion i fuktmekanik	10
Fuktskador	12

Metoder för anordnande av fuktspärr

Fysisk mekanisk horisontalspärr

Uppsugning av murverket	15
Plåtar som drivs in i murverket	16
Ingjutning i genomborrade hål	17
Knapenrör, sifoner med varianter	18

Kemisk spärr - hydrofoberingsskikt

Injektering med vattenavvisande material	19
--	----

Fysisk elektrisk spärr

Passiv och aktiv elektroosmos	21
-------------------------------------	----

Metoder för att lösa fuktproblemet

utan att hindra uppsugningen

Tilläggsisolering mot yttervägg	23
Tilläggsisolering med innervägg på distans	24
Putsning av fasad med vattentät ånggenomsläpplig kalkputs	25
Anpassning av verksamheten till rådande förhållanden	25

Kort om fuktutredning och fuktmätning

Fuktutredning - några praktiska synpunkter	26
Fuktmätning - viktig teori och några praktiska synpunkter	29
Relativ fuktighet	29
Fuktkvot	31
Kvalitetssäkring vid fuktmätning	32

Referenser	34
-------------------------	-----------

Sammanfattning

Problem med uppstigande markfukt är gammalt och ofta svårlöst. Tanken med detta arbete har varit att komma fram till konkreta praktiska råd för förvaltare och andra som har att vårda äldre murverkshus i vårt land.

De metoder att stoppa uppstigande fukt som vi har granskat, kan sorteras i följande grupper:

1. Fysisk mekanisk spärr

2. Kemisk spärr – hydrofoberingsskikt

3. Fysisk elektrisk spärr – aktiv elektroosmos

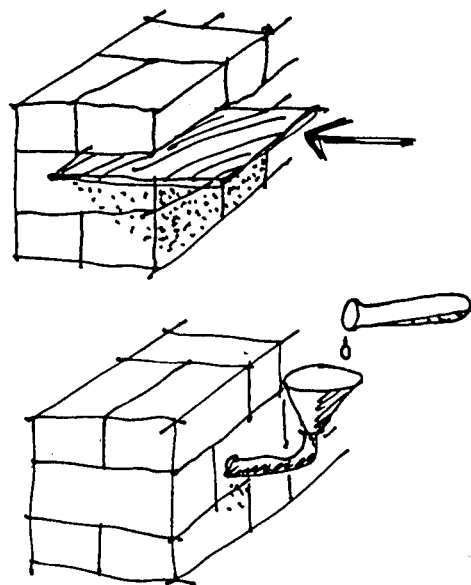
Arbetet har bestått i litteraturstudier och ett antal kontakter med branschfolk i Sverige, Danmark, Österrike och Portugal (belgisk metod).

Våra slutsatser är följande:

Alla metoder vi har granskat har begränsningar och ingen kan fungera som universal-lösning

1. Där mekaniska fuktspärrar i form av plåtar eller dylikt går att montera, verkar det tveklöst som att metoden är mycket tillförlitlig. Varianterna med olika plåtar går till viss del att "ångra" till viss del (s.k. reversibla åtgärder) men innebär åverkan på murverket. Åtgärden är dock dyr. I skrivande stund finns det inga entreprenörer i Sverige som erbjuder denna metod.

2. Kemiska metoder är f.n. mest populära bland försäljare och metodutvecklare. Genomförandet är troligen den enklaste av alla metoder. Erfarenheterna sägs vara goda, men det är uppenbarligen sällan som åtgärden följs upp. En färsk undersökning av sex olika kemiska spärrar tyder på att en 100%-ig fuktspärr aldrig eller sällan uppnås. Metoden är inte reversibel och har en begränsad livslängd i förhållande till byggnadens. Ett fullskaleförsök pågår sedan ett par år i Lund med deltagande av Kenneth Sandin, LTH.



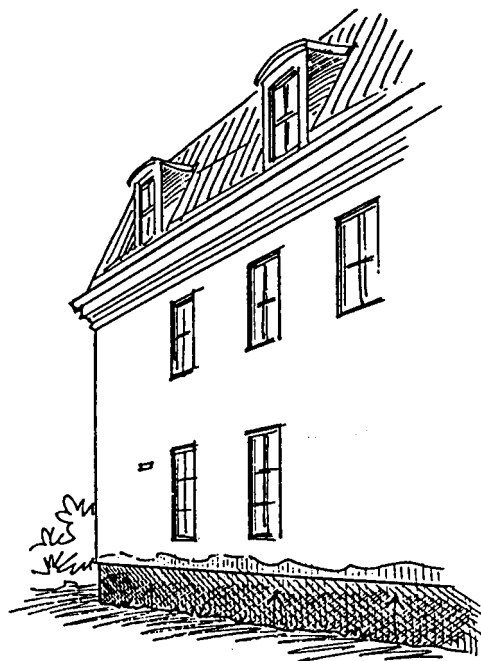
3. Fysisk elektrisk spärr. Principen bakom metoden med *elektrisk spärr*; s.k. elektrisk osmos, används sedan länge för tillfällig avvattning av *leror* vid vägbyggen i Sverige och andra länder. De praktiska erfarenheterna på hus är däremot diskutabla. Metoden är sedan en kort tid tillbaka tillgänglig i Sverige. Referensobjekt finns, men med oklara resultat.

Sammanfattningsvis kan sägas att praktiska erfarenheter av horisontella fuktspärrar som fått verka under en längre tid saknas i Sverige. Inte heller finns det några djupare undersökningar av de metoder som f.n. säljs här eller i våra grannländer.

Svenska fastighetsförvaltare har uppenbarligen varit misstänksamma mot "oprövade mirakellösningar" och hellre avstått från åtgärder än gett sig in på fullskaleförsök med de "egna" fastigheterna som insats. Till dess att metoderna och materialen bättre undersökts och dokumenterats bör givetvis även i fortsättningen stor försiktighet iakttagas.

För praktikern handlar det dock ofta om att lösa konkreta problem, varför man inte bör förakta, än mindre avstå från kompromisslösningar, i detta fall sådana lösningar som "tar bort symptomen utan att bota sjukdomen". Det handlar det om att vidta åtgärder som syftar till att förbättra fuktförhållanden i vissa specifika rum på bekostnad av andra och utan att fuktmängden i väggen sänks totalt sett.

Inom denna kategori finns det med all säkerhet utrymme för nya detaljlösningar, där moderna material mycket väl kan ge bra och reversibla konstruktioner som är fullt acceptabla i känsliga miljöer. Observera dock att sådana nya lösningar bör följas upp och kontrolleras efter något eller några år av **specialister** såväl för konstruktionen som för uppföljningen.



Inledning

Bakgrund

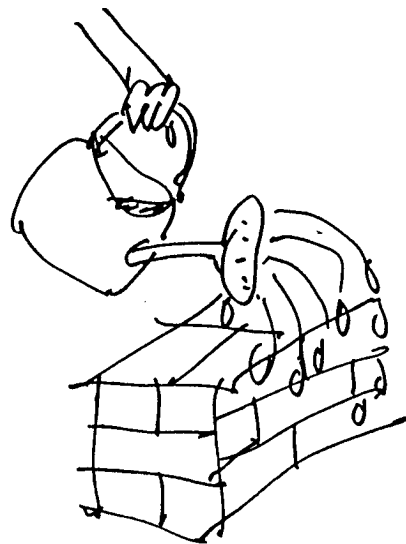
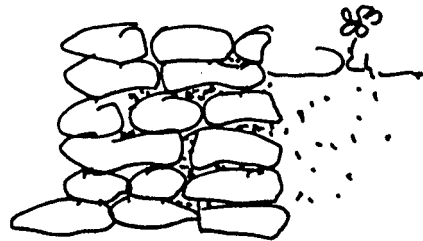
Den röda tråd som förbinder de flesta fall av materialnedbrytning i byggnader är förekomsten av fukt i någon form. Ofta är valet av åtgärder relativt lätt när man väl hittat fuktkällan.

Ett viktigt undantag som står för kvantitativt stora skador är nedbrytningen av puts, tegel, porös sten m.m. orsakad av de salter som oftast följer med uppstigande markvatten. Särskilt när det rör sig om uppsuget *grundvatten* gäller det att **spärra fuktens väg uppåt i muren** på ett eller annat sätt. **Detta är huvudämnet i denna skrift.**

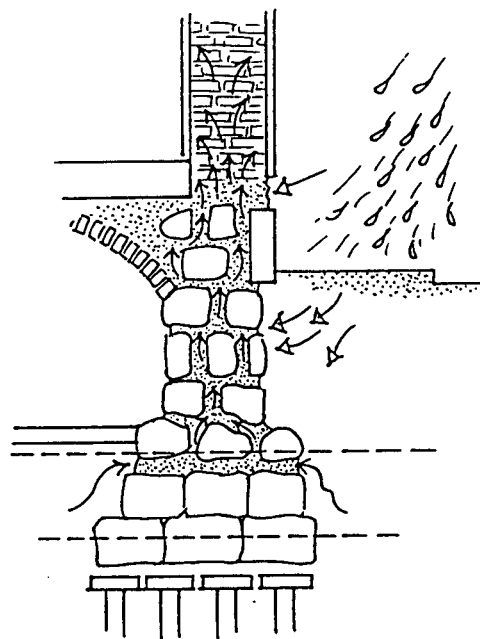
Alla som arbetar med vård och förvaltning av hus vet att skador på grund av uppstigande markfukt är ett lika gammalt som svårlöst problem. Med jämna mellanrum dyker det därför upp **försäljare eller förespråkare** för olika lösningar, men det blir ofta misslyckanden eller svårtolkade resultat då man inte vet om man fått valuta för de investerade pengarna. Redan den kände romerske författaren Vitruvius skrev om sådana fuktproblem för över 2000 år sedan i sitt enda verk om arkitektur och byggteknik som nått oss från antiken.

Äldre hus av tegel byggdes ofta utan något egentligt kapillärbrytande skikt. Däremot var det vanligt att grundläggningen utfördes som en **kallmur**, d.v.s. utan bruk och med hårda stensorter, ofta "gråsten", som i stort sett saknar porer och som därmed ej medgav kapillär transport av markvattnet. Ändå är det vanligt att äldre kallmurar idag suger kapillärt. Detta anses bl.a. bero på att fasta partiklar som transporteras med markvattnet fastnar i springorna mellan kvadrarna i grundmuren och som så småningom bildar ett sugande fyllningsmaterial.

Det finns således ett stort behov av att i efterhand kunna installera en fuktspärr i befintliga grundmurar till äldre hus, särskilt de kulturskyddsvärda husen, där det föreligger ett särskilt intresse att rädda fasadmaterialet från för tidig nedbrytning.

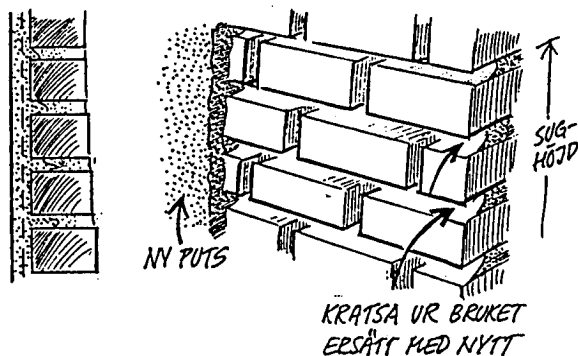


Vi har begränsat oss till att undersöka metoder där någon form av *horisontell* fuktspärr installeras. Tvärtemot vad många tror är det inte alls så vanligt att vattnet kommer in i husgrunden från sidan och det är bara i sådana specialfall som en vertikalfuktspärr av typen modern källar-isolering har utsikter att fungera som avsett. *Inte heller går det bättre om man till den vertikala spärren anlägger ett system med dränerings-ledningar, en dyr åtgärd som olyckligtvis blivit något av en standardlösning.*



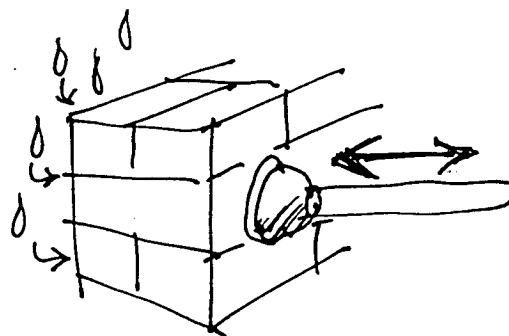
Saltproblemet är dock inte ur världen efter det att en fuktspärr lagts in. Salterna finns fortfarande kvar i murverket och kommer snarare i högre grad att fällas ut under uttorkningsfasen för att sedan upphöra. Därför bör man **vänta med omputsning och andra avslutningsarbeten tills väggen torakat ut.** På de värst utsatta ställena, i gränsen av den kapillära stighöjden, kratsas murbruket ur och ersätts med nytt för att få bort salter. Salterna i teglet är oftast omöjliga eller mycket svåra att ta bort.

I sällsynta fall, t.ex. en fristående mur som kan vattenbegjutas länge utan att riskera vattenskador, kan man avsalta genom att skölja bort salterna förutsatt att inte nya sugas upp. Den metod som däremot ofta praktiseras inom **konventionell stenkonservering**, där man med hjälp av t.ex. blöta kompresser, försöker **suga ut salter** från den ena sidan av en normaltjock mur, är i de flesta fallen ineffektiv och bör rimligen kunna leda till **ökade skador** när kvarvarande salter kristalliserar på nytt. I s.k. snälla fall, där saltmängden är begränsad och har konstaterats finnas koncentrerad till ytan bör man dock kunna uppnå väsentliga sänkningar av saltkoncentrationerna med kompressmetoden.



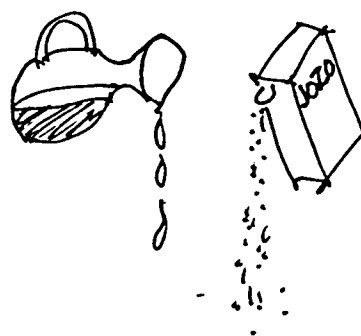
En studie på Brittish Museum visar dock att de resthalter av skadliga vattenlösliga salter som bedöms som ofarliga i konservatorsbranschen mycket väl kan orsaka skador även när föremål förvaras i mycket kontrollerade fuktmiljöer.

Ett eventuellt genombrott beträffande avsaltning "i fält" är en ny svensk metod där man med hjälp av cykliskt vakuum på ett kontrollerat sätt kan spola genom ett poröst material med relativt små vattenmängder. Genom att processen är sluten kan man genom vattenanalyser enkelt ta reda på hur mycket salt som finns i vattnet och därmed hur länge man behöver fortsätta sköljningen.



Enligt upphovsmännen ska det även vara möjligt att kontrollera djupet för behandlingens effekt genom valet av tryck och frekvens. I skrivande stund är det dock för tidigt att uttala sig om metodens användbarhet i våra sammanhang.

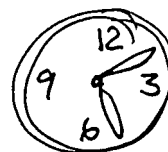
Man kan konstatera att det är först när det uppsugna vattnet innehåller upplösta salter som fuktskadorna påkallar större åtgärder. **Fukt i murverk behöver i sig inte vara något problem - inte heller behöver vattenlösliga salter i murverket om det saknas vatten för att processen med bildandet och upplösningen av kristaller ska kunna äga rum.**



Det bör således stå klart för läsaren att det är kombinationen kapillärt vatten och lösliga salter som är bekymmersam.

inte alltid ett problem

Fukten som finns i murverket ovanför en insatt fuktspärre kan, beroende på väggens tjocklek, finnas kvar i väggen en avsevärd tid efter det att arbetet är slutfört. Det handlar om sex månader och längre beroende på väggens tjocklek och torkförhållanden i intilliggande utrymmen. Däremot går det att gå runt hela problemet med uppsugen fukt och saltkristallisering. En ny gammal metod att åtgärda symptomet utan att bota sjukdomen är att putsa med material som hindrar vattnet att komma ända ut till väggytan. Därigenom hindrar man **kristalliseringen av salter**, vilket är det egentliga problemet i de flesta fall.



Denna metod som uppenbarligen strider mot den allmänna grundregeln att inte försöka stänga in fukten, tycks ofta nog vara framgångsrik men bör inte tillämpas som standardlösning.

Säkerligen krävs det bl.a. att den tillströmmande vatten och saltmängden ska vara måttlig för att metoden ska lyckas. En variant med en **innervägg byggd på distans från den fuktiga ytterväggen** nämns av ovannämnde Vitruvius. Rester av sådana väggar eller snarare de kvadratiske tegelplattor, som man byggde upp sådana väggar med, har hittats i Italien enligt Massari (se ref.).

Syfte

Projektets syfte har varit att sammanställa möjliga åtgärder och ange begränsningar i lokal-användningen med **utgångspunkt från tidigare erfarenheter och tillgängliga metoder**. Som en resultat av detta arbete har vi velat ta fram en skrift som riktar sig till förvaltare och som utgör vägledning i valet av åtgärd samt redovisar de tekniska förutsättningarna.

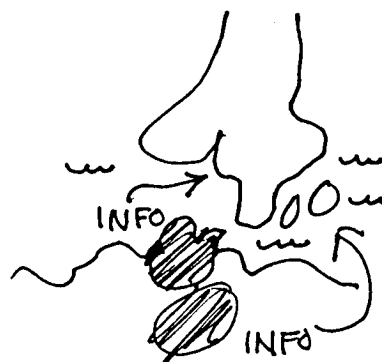
Tyngdpunkten i denna rapport har därför lagts dels i sammanställningen av de metoder som idag finns i landet, dels i en bedömning av de olika metodernas för- och nackdelar utifrån fuktmekanikens teori och de praktiska erfarenheter som beskrivs i litteraturen mot bakgrund av de särskilda krav som äldre murverkshus ställer.



Metodik

Arbetet har bestått i litteraturstudier och kontakter med folk i entreprenörsledet i Sverige. I den mån det har verkat relevant, har vi följt upp referenser till metoder som används i vårt när-område, främst i Danmark och Österrike.

Till detta har lagts egna erfarenheter av fuktutredningar och samtal med andra specialister i branschen.



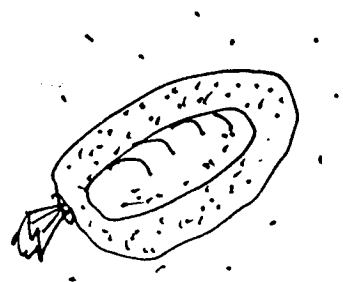
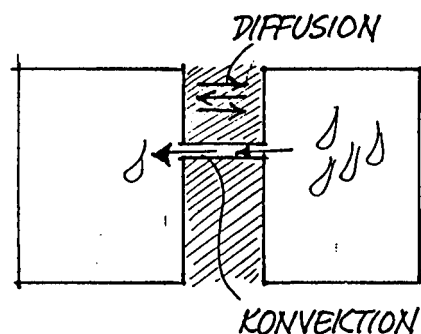
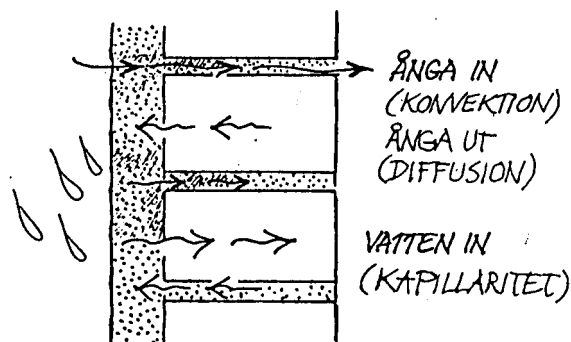
Allmänt om fuktskador

Kort introduktion i fuktmekanik

Fukt transporteras på främst tre sätt, nämligen genom **diffusion, konvektion och kapillaritet**. Vi ska försöka att ytterst förenklat redogöra för de grundläggande begreppen som är viktigast att känna till i praktiska sammanhang. I verkligheten transporteras fukt oftast på flera sätt samtidigt och t.o.m. i motsatt riktning inom samma väggavsnitt, varför det i det närmaste är omöjligt att med ord beskriva annat än mycket förenklade modeller av vad som egentligen sker. I en putsad yttervägg direkt efter ett slagregn rör sig samtidigt fukten in mot rummet i vätskeform samtidigt som ångtransport i normalfallet kommer att ske inifrån och ut om än inte i *samma* punkt. För djupare studier rekommenderar vi varmt **Fukt-handboken** (Elmarsson, Nevander).

Diffusion och konvektion sker i ångform. Vid renodlad diffusion "vandrar" ångmolekylerna i två angränsande utrymmen från den plats där de förekommer i störst antal mot det utrymme där koncentrationen är lägre. Rörelsen beror på att molekylerna ständigt vibrerar och därmed krockar med varandra på ett slumpmässigt sätt. Enstaka molekyler kan därför råka flytta sig i "fel" riktning men chansen är mycket större att de "trångbodda" molekylerna ska hitta ut till det tommare utrymme. Även om det inte är en "medveten" förflyttning "från A till B", kan man säga att det efter tillräckligt lång tid **uppstår en rörelse i riktningen mot utrymme med färre molekyler**.

Rörelsen kommer att fortsätta tills jämvikt uppnås. Det är t.ex. förklaringen till att nybakat (läs: fuktigt) bröd som förvaras i papperspåse (som normalt inte är diffusionstät) kommer att vara avsevärt torrare ett dygn senare om det ställs i normalt inomhusklimat. Påsens luft kommer till en början att innehålla mycket högre ånghalt jämfört med rumsluften utanför.



I sinom tid har ångmolekylerna tagit sig genom pappersväggarna och brödet torkar. Detta kan som bekant förhindras om brödet förvaras i plastpåse som ju är relativt diffusionstät.

Diffusion beror således på mängden ångmolekyler och inte i första hand på temperaturen. Visst temperaturberoende råder dock inom de för byggnader aktuella nivåerna så att transporten sker något snabbare vid högre temperatur.

Det är ett vanligt påstående att molekyler rör sig "från varmt till kallt" och därmed normalt inifrån och ut genom en yttervägg till ett uppvärmt hus. **Detta är oftast sant** eftersom det normalt i Sverige finns fler ångmolekyler inom än utomhus. **Men** ett tänkt fall med kraftigt avfuktad inomhusluft, t.ex. byggnader med anläggningar för komfortkyla i tropiska klimat, kommer diffusionen att transportera fukten utifrån och in, alltså "från kallt till varmt". På Tekniska Högskolan i Lund har forskarna i Fuktgruppen visat att sommarsol på en skalmurstegelvägg direkt efter ett slagregn kan leda till kondensbildning (s.k. sommarkondens) på utsidan av en ångspärr.

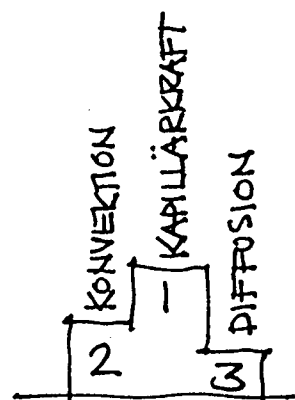
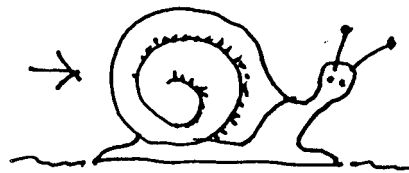
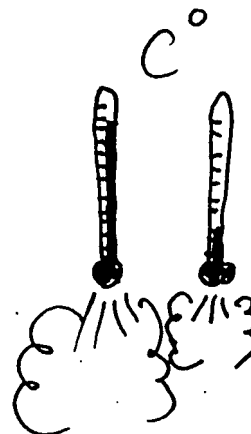
Observera att transporten sker genom molekylernas *egen* rörelse i stillastående luft och därmed är en mycket långsam rörelse med låg transportkapacitet.

I andra fallet, konvektion, transporteras ångmolekylerna med luften och förutsätter därför en tryckskillnad mellan två utrymmen orsakad av vind, "skorstensverkan", (d.v.s. temperaturskillnad i höjddled) eller fläkttryck.

Förutsättningen för de här beskrivna två transportsätten är "öppna" material, t.ex. mineralull och gasbetong. I fallet konvektion krävs rentav springor eller större öppningar.

Konvektion är mycket snabbare och transporterar betydligt större fuktmängder än diffusion.

Det transportsätt som är allra snabbast och som förflyttar de ojämförligt största mängderna fukt är utan tvekan kapillariteten.



Den fysikaliska förklaringen till kapillaritet är inte alldeles enkel, men vi kan här nöja oss med att konstatera det som alla känner till, nämligen att ett mycket smalt rör (ordet "kapillär" kommer av "hår") eller ett sammanhängande porsystem i t.ex. lättbetong eller fin sandsten suger upp vatten om det kommer i kontakt med en fri vattenyta.

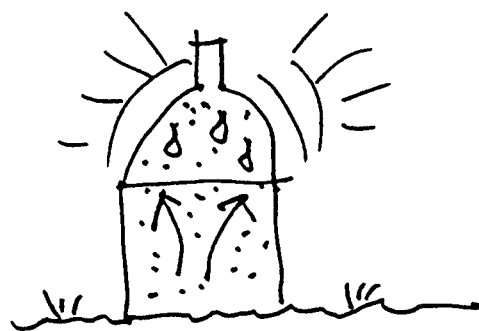
I de tunna "rören" (som brukar ritas som jämntjocka rör fast de sällan är det) transporteras fritt vatten långa vägar även om det sker rakt uppåt i strid mot tyngdkraften. Att i detalj kartlägga hur vattentransporten sker i porsystemet hos ett material är en av de viktigaste uppgifterna för den forskning som sker i anslutning till kulturmiljövården världen över. Mycket talar för att inte bara porstorleken utan också själva fördelningen av olika porstorlekar över materialets hela volym har avgörande betydelse för vittringsmekanismer som **frost- och saltvittring**.

Fuktskador

Det bör sägas att **äldre murverkshus är allmänt fuktiga konstruktioner** utan att det automatiskt måste innebära något problem eller ens vara uppenbart för brukaren. I lyckliga fall, där de invändiga ytorna tillåts behålla traditionella diffusionsöppna material som kalkputser, kan de även bidra till en positiv buffring av den relativa fuktigheten inomhus vintertid. Centralvärmen med de idag vanliga temperaturnivåerna över 20°C leder till mycket torr luft på våra breddgrader.

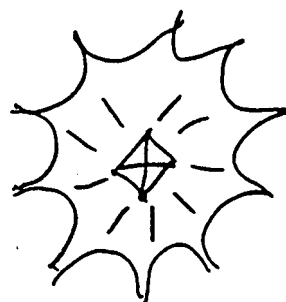
Diffunderad luft kan däremot leda till stora problem i moderna konstruktioner med flerskiktswäggar av porösa material med vitala, fuktkänsliga detaljer inbäddade i icke fuktupptagande material som mineral eller glasull. I äldre murverkshus är diffusion sällan intressant som skadeorsak eftersom de är byggda med enskiktswäggar av relativt diffusionstäta material som tegel och natursten. Däremot kan problem uppstå när sådana hus "moderniseras" ex.vis med **invändig tilläggsisolering av mineralull mellan reglar av trä direkt mot murverket**.

Konvektionen utgör normalt inget problem så länge ventilationen, d.v.s. tryckförhållandena i huset fungerar. Så länge luften rör sig mot ett varmare utrymme kan fukten i den inte kondensera och ställa till skada. När ventilationen fungerar rätt, råder det ett svagt *undertryck* över den s.k. klimatskärmen, betyder helt enkelt att uteluften tar sig genom ytterväggen in i huset, därmed går luften **“från kallt till varmt”**, vilket alltid är säkert ur fuktsynpunkt. I verkligheten råder det oftast övertryck i husets högre våningar och det innebär att varm, fuktig luft kan strömma in på den kallare vinden och kondensera mot kalla ytor. I de flesta fall kan materialen på vindarna i äldre hus ta hand om sådan kondens utan att skador uppstår, detta är inte lika lätt i moderna hus med sina fuktkänsliga konstruktioner.



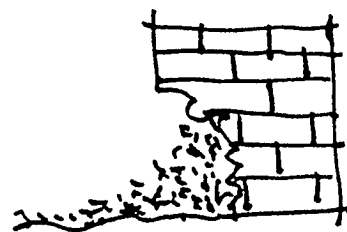
Det är värt att påpeka att mekanisk till- och frånluftsventilation, s.k. balanserad ventilation i praktiken ofta kommer i obalans vilket kan orsaka permanent övertryck.

Vad beträffar äldre murverkshus, vars problem vi i första hand behandlar här, är det främst **kapillärt uppsugen fukt som ger de värsta skadorna** (förutom rent läckage). När det uppsugna vattnet innehåller upplösta salter, leder det ofta till stora skador genom det som brukar kallas “saltspängning”. Den egentliga skademekanismen är fortfarande inte helt klarlagd och det är troligt att det inte alltid behöver vara frågan om en tryckökning, därför vi kommer att använda det vagare uttrycket **“saltvittring”**.



I många fall, särskilt när salter är inblandade, leder kapillärt uppsugen fukt till nedbrytning av material som sten, tegel och trä, oftast med synliga skador på fasadpartierna och ibland även med försämring av inomhusmiljön i angränsande utrymmen som följd.

Det finns därför ett stort behov av att i efterhand kunna installera en fuktspärri i äldre hus.

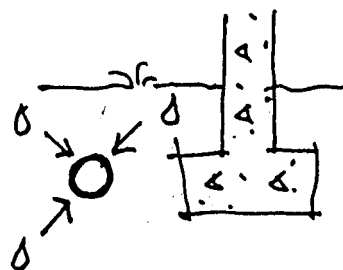


Vi har begränsat oss till att undersöka metoder där någon form av horisontell fuktspärr installerats. Tvärtemot vad många tror, är det bara i undantagsfall som vattnet kommer in i grundmuren *enbart* från sidan och det är bara i sådana fall som en vertikal fuktspärr har utsikter att fungera som avsett.



Inte heller brukar det gå att lösa problemet med uppstigande markfukt genom att installera ett dräneringssystem, en dyr åtgärd som olyckligtvis nästan blivit en standardlösning. Markens kapillära stighöjd är normalt mycket högre än det djup man mäktar med att lägga ledningarna på och dessutom riskerar man att framkalla ojämna sättningar i känsliga jordar med mycket lera.

Självfallet måste man utreda varifrån fukten kommer och vad som orsakar skadorna innan rätt åtgärd kan väljas. Hur man gör detta *i stora drag* ska vi återkomma till i avsnittet "Kort om fuktutredning och fuktmätning". I de fall där skadorna härleds till uppsugen markfukt finns det några metoder som vi ska beskriva mer ingående.



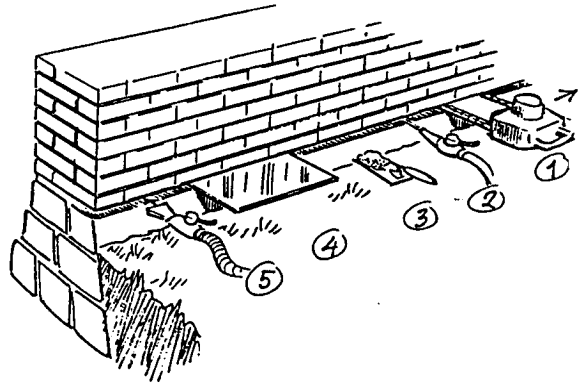
Metoder för anordnande av fuktspärr

Fysisk mekanisk horisontalspärr

Uppsågning av murverket

Metoden består i att murverket successivt sågas upp, så att en fuktspärr kan läggas in i väggen. Innan sågningen påbörjas måste vatten-, gas- och elledningar, som är i vägen, tas bort.

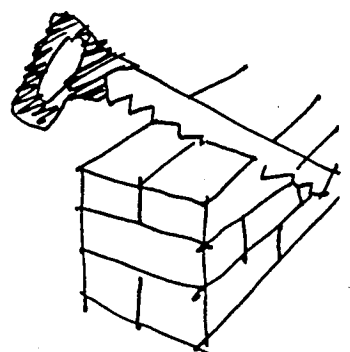
En liten bit av muren sågas upp, och en fuktspärr läggs in, innan nästa bit av muren sågas upp osv. Snittet placeras i murverkets fog och blir ca 20 mm tjock. **Metoden är även tillämpbar på bland- och stenmurar.** Sågningen kan göras upp till två meter in i muren från samma ställe. Vid kraftigare murar sågas även från andra sidan väggen.



Fogen rensas efter sågningen på murverksrester och damm, bl.a. med tryckluft. Ojämnheter i fogen utjämnas med ett slätt betongskikt, så att spärrskiktet inte skadas av underlaget. Ovan detta läggs sedan det horisontella spärrskiktet. Spärrskiktet kan utgöras av konstbruk, polyetenduk eller fiber-glas, men ibland även tunnplåt. Efteråt tätas skiktet med en speciell krympfri bruksmassa, som sprutas in i fogen .

Det finns inget företag i Sverige som arbetar med denna metod. En österrikisk firma har arbetat främst i Österrike, Ungern och Tjeckoslovakien i ca 15–20 år. En dansk firma har också möjlighet att göra denna typ av åtgärd, men efterfrågan har dock inte varit så stor, eftersom det är dyrare än att slå in stålplattor.

Fördelen med att såga upp murverket är bl.a. att det är en effektiv och säker metod som till viss del kan betraktas som reversibel även om den förutsätter åverkan på murverket. **Man har kontroll över att den inlagda fuktspärren blir hel och sammanhängande.**



Nackdelen är att det är en relativt tidskrävande och dyr metod.

Plåtar som drivs in i murverket

Fuktspärren byggs i denna metod upp av överlappande vågformade stålplattor som maskinellt drivs in i murverksfogen, med hjälp av en trycklufts-hammare. Denna slår med 1100-1450 slag per minut. Det tar enligt entreprenören fem minuter per plåt i en normaltjock tegelmur. Plattorna slås in med en överlappning på 3–10 cm för att fuktspärren ska bli sammanhängande. Stålplattorna är rostfria och finns i olika mått för att passa murverkets tjocklek.

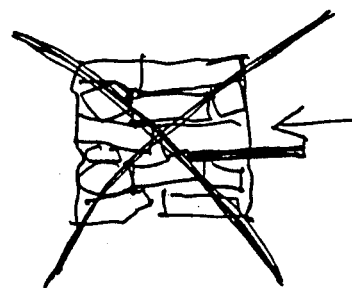
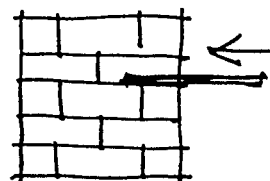
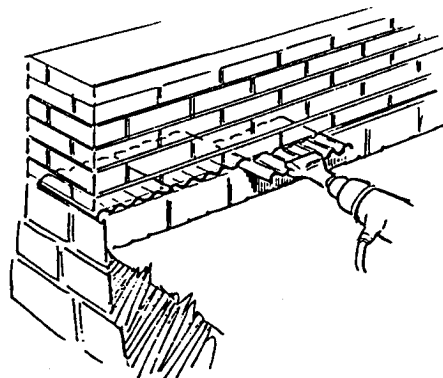
Eftersom slagen är korta, övervinns inte husets masströghet, vilket gör att ingen horisontell förskjutning riskeras. Bruket komprimeras 10–20 %, d.v.s. marginellt för en eventuell vertikal förskjutning. Om snittet inte fylls ut helt av plåtarna, injiceras krympfritt bruk. Murverket ska vara något fuktigt vid indrivningen. En statisk bedömning måste göras innan arbetet genomförs, då det kan vara direkt farligt att tillämpa metoden på en byggnad med benägenhet för sättningar.

Denna metod används uteslutande till hus murade i tegel, eftersom det ställs krav på att fogen är horisontell och att inga stenar "ligger i vägen". Det innebär också att arbetet inte bör utföras i väggar där stenar och tegel förekommer på samma nivå, såsom exempelvis skalmur/-gjutmur.

Om teglet inte ligger helt plant, vilket ofta förekommer, får man vissa förskjutningar, där efterlagningar krävs. Där vatten- eller gasledningar är dragna kan inslagning inte ske. Här får man istället komplettera med någon annan teknik.

Det ovan beskrivna är den övervägande nackdelen med systemet. En genomgående löpfog måste finnas för att indrivningen ska lyckas. Indrivningen innebär också att en noggrann planering krävs, så att ett namn får sammanhängande spärrskikt. Rödragningarna måste också vara noggrant kartlagda.

I övrigt är systemet säkert och metoden därför bra. Plåtens livslängd är ca 50 år och ett nytt skikt kan huggas ut i fogen ovan om det senare skulle behövas.



Det finns för närvarande ingen firma i Sverige som arbetar med metoden däremot ett danskt företag som kan tänka sig att arbeta i Sverige och kan hänvisa till över femton år gamla referensobjekt.

Ingjutning i genomborrade hål

Förfarandet har blivit uppkallat efter uppfinnaren, italienaren Massari, och går ut på att **ett antal hål skärborras i murverket, vilka efter hand fylls igen med ett vattentätt material**. Metoden sägs vara en vidareutveckling av en äldre venetiansk metod som gick ut på att sten för sten ersätta ett helt skift av befintliga, kapillärt sugande tegelstenar med nya stenar av kapillärbrytande material.

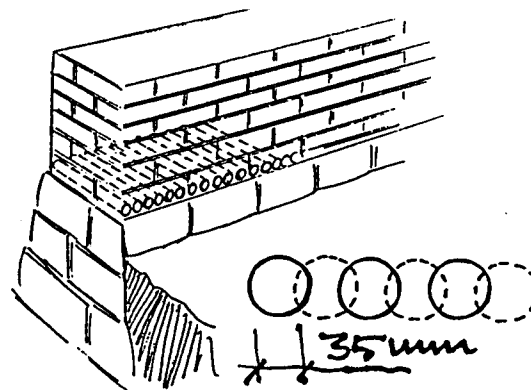
I den moderna varianten borras ett tiotal hål helt igenom murverket och fylls igen med polyester-epoxi- eller liknande konstbruk som ska uppfylla vissa hållfasthets- och andra villkor. Storleken på borrhålen beror på val av fyllningsmaterial. När detta material har stelnat, **borras en ny omgång hål, vartannat, mellan två tidigare hål, så att en hel sammanhängande fuktspärr man slutligen får**. Materialet väljs så att det härdar på 3–4 timmar.

Stor noggrannhet krävs vid borrar av hålen för att de verkligen ska bli överlappande genom hela murtjockleken. Detta är en orsak till att det är en relativt tidskrävande och därmed dyr metod. **Metoden går även att tillämpa på murverk av natursten och blandat murverk.**

Metoden finns f.n. inte i Sverige men har använts på en del viktiga byggnader i Italien för som mest 30 år sedan.

Någon systematisk utvärdering har oss veterligen inte gjorts men enligt en trovärdig uppgift tycks spärreffekten försvinna i takt med de ingående plastmaterialens åldrande. Nya brukssammansättningar har därför tagits fram men metoden används inte för närvarande för att det saknas långtids erfarenheter av de nya konstbruken.

Med tanke på att denna metod är ensam om att kunna åtgärda alla typer av murverk är det angeläget att materialfrågan får en lösning



MASSARI METODEN

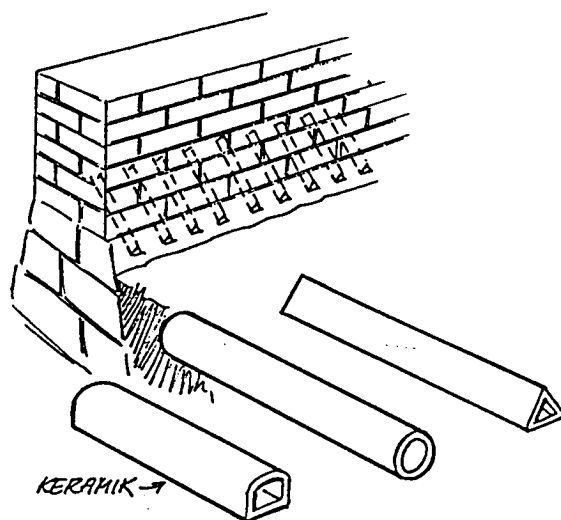
Knapenrör, sifoner med varianter

Till de mer tveksamma metoderna som drabbat många gamla hus hör torkning med hjälp av s.k. *sifoner*. Det rör sig om ett slags rör, ofta av keramiskt material, ibland med trekantigt eller halvrunt snitt, som monteras i ett snett uppåt (ibland nedåt) upptaget hål i yttermuren nära marken. Vackra medeltida kyrkor har på detta vis ibland fått en konstig "perforeringslinje av råthål" längs marken som är lika synliga som förbryllande.

Tanken hos dess uppfinnare, belgaren A Knapen, var att densitetsskillnader hos torr respektive fuktig luft (Obs! Fuktig luft är *lättare* än torr!) borde leda till en luftrörelse inne i röret som, likt en sifon för vatten, undan för undan skulle transportera bort avsevärda fuktmängder från murverket. Metoden har genom åren dykt upp på marknaden i många varianter, med montering än snett uppåt än snett nedåt och med olika beskaftenhet på rören.

Hur är det i verkligheten? Såväl genom att granska bakomliggande kriterier som genom långvariga praktiska utvärderingar i England, Tyskland m.fl. länder, kan man konstatera att metoden inte fungerar som avsetts och stundtals t.o.m. kan öka fuktmängden genom kondensbildning.

Dess största förtjänst för byggnadsminnesvården torde därmed vara varningen till oss och kommande generationer att se upp med lättköpta "uppfinningar" men framförallt att **inte genomföra fullskaleförsök med otillräckligt prövade metoder på viktiga byggnader**. Dessvärre har byggbranschen en dålig tradition i att upprepa gamla misstag varför vi har valt att nämna metoden i hopp om att kunna förhindra att en "alldes ny variant som *faktiskt* fungerar" (enligt försäljaren) ska hamna i våra väggar. För den som vill sätta sig in i detaljer rekommenderas Massaris bok där man får en mycket uttömmande analys.



En kemisk variant som nyligen använts i Ecuador bör också nämnas i pedagogiskt syfte. Man borrar hål med några centimeters diameter i murverket och fyller dessa med ett bruk av osläckt kalk. Tanken är att vattnet som krävs för den kemiska reaktion som kallas "släckning" tas från muren. Detta är i och för sig helt riktigt. Mängden vatten som bind kemiskt är dock liten och dessutom slutar effekten när allt kalk är släckt.

Kemisk spärr – Hydrofoberingsskikt

Injektering med vattenavvisande material

Ett antal hål borrar efter varandra i murväggen, där sedan ett hydrofoberande preparat injiceras. Hålen läggs lämpligen i en fog och borrar med en diameter på 15–25 mm och ett avstånd på 100–250 mm. Ett antal olika silikonbaserade preparat används. Preparaten är upplösta antingen i vatten eller lösningsmedel, vilket gör att spridningen går till på olika sätt. Därmed ställs det olika krav på om väggen ska vara fuktig eller torr. Det är därför viktigt att veta vad det är för material som används och känna till de olika silikonpreparatens egenskaper.

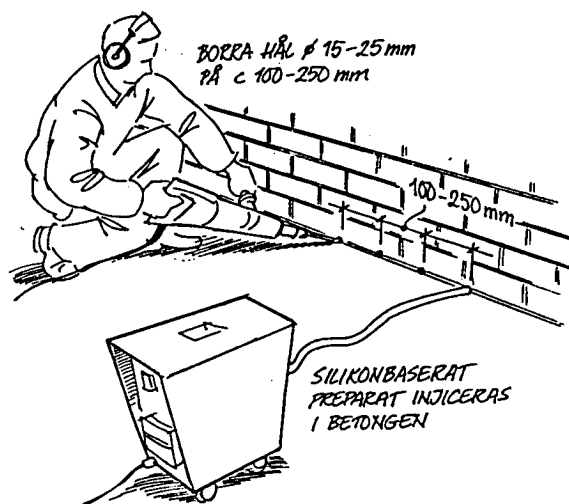
Ett krav är att medlet som injiceras är alkali-beständigt. Ofta sägs att gamla tegelmurar inte är så alkaliska, eftersom de inte är nymurade, men äldre kraftiga murar kan fortfarande vara alkaliska längre in.

Silikonbaserade produkter kan skilja sig kraftigt sinsemellan men har det gemensamt att de alltid bildar slutprodukten *silikonharts*.

I Sverige arbetar ett par företag med att injicera vattenavvisande material i murverk.

Ett av dem använder ett silikonhartspreparat, där murverket behöver torkas ut innan preparatet appliceras. Detta görs med hjälp av mikrovågstorkar. Medlet späds med lösningsmedel.

Det andra företaget använder en silikon i mikroemulsion som kräver att murverket istället måste vara fuktigt för att materialet ska fungera.

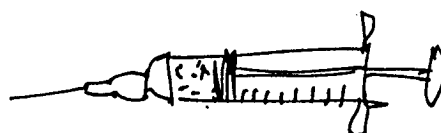
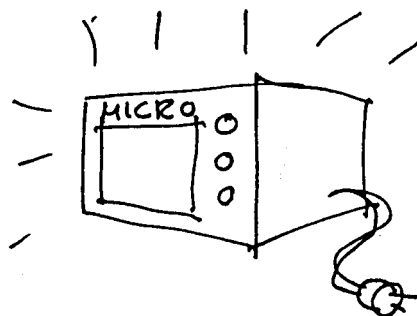


Inga mätningar har utförts på de utförda objekten. Under 1995 har enligt uppgift undersökningar gjorts på ett hus i Malmö där varianten med mikrovågstorkning och insprutning med silikonharts tillämpats. Mätningarna planeras fortsätta till år 2000 och har ännu inte publicerats.

Problemet med denna metod är allmänt att spridningen inte är så effektiv i icke-homogena murar, vilket tegelmurar är. Detta bekräftas av en forskningsrapport som redovisades på en kongress nyligen (oktober 1996) där sex olika medel testades på laboratorium och på fältet. Inget av medlen gav en 100%-ig spärr. Ytterligare en nackdel med denna åtgärd är att det är svårt att veta om preparatet verkligen har bildat ett heltäckande spärrskikt, eftersom materialet är ofärgat och till en början i flytande form.

Eventuellt kan problemet med den ojämna fördelningen undanröjas om medlets tillförsel sker med s.k. cykliskt vakuum, den metod som nämns i **Inledningen**. Mer forskning och främst fullskaleförsök krävs för att utröna om så är fallet.

Materialets livslängd är uppskattad till 25–30 år, vilket måste ses som en mycket kort tid när det handlar om restaureringsarbeten. Rimligen borde det vara möjligt att upprepa behandlingen, men erfarenheterna av detta är hittills få. Hur eventuella rester av kemikalierna ser ut och hur de kan tänkas påverka murverket i framtiden är heller inte känt. *Det kan även betraktas som oetiskt ur restaureringsideologisk synvinkel att tillföra icke-traditionella, icke-reversibla (d.v.s. som inte går att avlägsna) material till konstruktioner i byggnader med större kulturvärde.*



Fysisk elektrisk spärr

Passiv och aktiv elektroosmos

Om man förbinder en fuktig husyttervägg med marken med hjälp av två elektroder sammanbundna med ett elektriskt ledande material, uppstår det en potential som rent teoretiskt skulle kunna motverka den uppåtsträvande rörelse hos kapillärt uppsuget vatten i ytterväggen.

Detta är principen för s.k. **passiv elektroosmos**, som dock torde ha en så svag effekt att den i det närmaste saknar förespråkare idag.

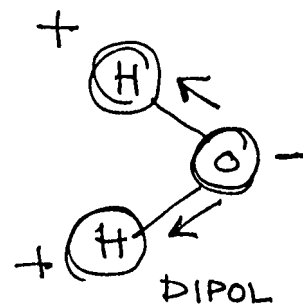
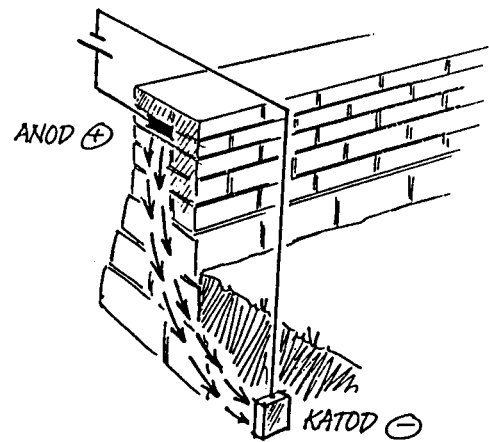
Genom att pålägga kretsen en spänning får man s.k. **aktiv elektroosmos**, en metod som däremot är värd att diskutera i detta sammanhang.

Metoden bygger på att vattentransporten uppåt väggen motverkas med hjälp av elektrisk ström, oftast konstant likström. Anoden (+ polen) monteras in i murverket och katoden (-polen) i marken. Det är inte alldeles klarlagt vad som egentligen sker. En ofta accepterad teori är följande:

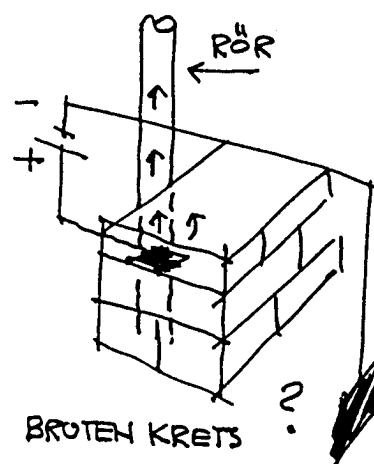
I en våt vägg förekommer såväl vatten som saltmolekyler vilka gör vattnet ledande för elektrisk ström. Salterna uppträder då som fria joner med "+" eller "-" laddning. Vattenmolekylen är en s.k. dipol och har en positiv och en negativ sida. Av okänd anledning binder de positiva jonerna fler vattenmolekyler än de negativa. Eftersom positiva joner dras till minuspolen (katoden) som placerats utanför murverket får man en uttorkning i området utanför pluspolen när vatten tilförseln bryts på detta sätt.

Detta tyck bekräftat av en tysk undersökningsom visade kraftiga öknings av halten negativa joner (klorider, nitrater och sulfater) efter några år (B+B, 2/94).

Effektiviteten hos metoden beror till stor del på hur stora spänningar som används. Ju högre spänning, desto bättre uttorkning. En nackdel med för hög spänning är att anoden korroderar snabbare, vilket på sikt ödelägger systemet. Försök har därför gjorts att istället använda sig av pulserande likström, som ska motsvara en högre konstant likström.



Om elkretsen bryts, t.ex. genom att ett metalliskt stuprör monteras utan att infästningarna är elektriskt isolerade från muren, ödeläggs systemet. Därför krävs noggrann planering vid installationen av elkretsen och regelbunden övervakning av utrustningen. Vid för små strömstyrkor och med större metallföremål i närheten av kretsen, kan dessutom strömkretsen välja andra vägar. Författaren Massari som gjort egna försök och följt metoden internationellt i diverse varianter under flera årtionden, menar att metoden fungerar i blöt lera (vilket den tveklöst gör!) eftersom det gäller mycket höga fuktnivåer.

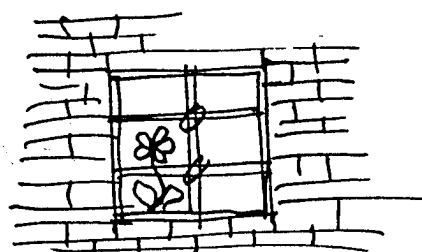


Problemet är att en framgångsrikt avvattnad lera håller en fuktnivå högt över den som gäller för en vattenmättad tegelvägg. Enligt flera forskare är det helt enkelt så att under en viss fuktnivå blir de fysikaliska förhållandena sådana att elektroosmosen blir verkningslös.

Den aktiva osmosen (om den alls fungerar) är tveklöst en långsam metod för att få bort fukten och det är sällan som man får en fullständig uttorkning. Det kräver också en störningskänslig anläggning där mycket kan gå fel, vilket gör metoden vanskelig att använda. *Eftersom elektroosmosen bygger på delvis outredda förlopp och kräver djupare kunskap i fysik och kemi för att verkligen förstås, leder misslyckanden till tvister där det som regel blir mycket svårt att utreda ansvarsfrågan. Därmed blir eventuella funktionsgarantier litet eller intet värda i praktiken.*



Metoden har de senaste åren dykt upp i Sverige med omdiskuterat resultat. Ofta säljs metoden genom att man påvisar en potentialskillnad mellan två punkter på olika höjder ovanför varandra som sägs orsakas av den kapillära uppsugningen. I själva verket kan man påvisa potentialskillnader mellan punkter på samma nivå och även visa att denna skillnad oftast försvinner om man mäter tillräckligt länge.



Även om metoden inte har fått någon större spridning finns det flera hus t.ex. på Långholmen i Stockholm, där den har praktiserats med lite olika förutsättningar.

Referenser finns därför både där metoden *påstås* ha fungerat och där den uppenbart misslyckats men inga seriösa utvärderingar tycks ha gjorts. *Där den sägs ha fungerat, finns inga tillförlitliga mätningar före åtgärd som bevisar att fuktnivån har sjunkit.*

I skrivande stund erbjuder en svensk entreprenör kostnadsfri provinstallation. Frågan är hur metodens funktion överhuvudtaget kan utvärderas efter, om det hävdas, några veckor när själva uttorkningen tar månader eller år.

Vi vill avslutningsvis påpeka att diskussionen om denna metod är mycket komplex. Den rör såväl högre kemi och fysik som en rad outforskade frågor med stora möjligheter till uppfinningar och produktutvecklande idéer som är mycket svåra att bedöma även för välutbildade byggtekniker. Detta avsnitt är därmed på intet sätt komplett utan vi har velat visa på den mångfald frågetecken som *i sig* utgör en vesäntlig negativ invändning mot elektroosmosen som metod, när det gäller praktisk fastighetsförvaltning.

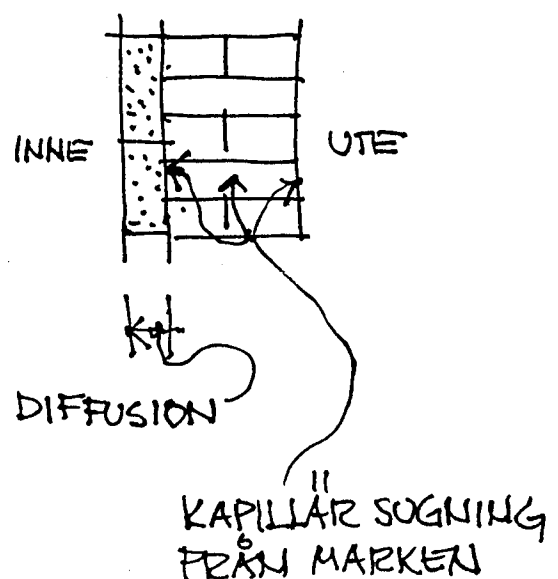
Metoder för att lösa fuktproblemet utan att hindra uppsugningen

Som vi redan nämnt finns det fall där det kan vara försvarsbart för att söka gå runt problemet. Det kan handla om att få ett rum med fuktiga ytterväggar lämpligt för boende eller fuktkänslig förvaring. Det kan även handla om att förhindra att en fuktig putsad fasad blir skadad av saltutblomstringar efter en omputsning.

Kan man acceptera att fukten finns kvar i väggen kan man tänka sig några varianter:

Tilläggsisolering mot yttervägg

Genom att tilläggsisolera på ytterväggens insida med icke-fuktkänsliga material, t.ex. gasbetong, lättklinkerblock eller träullsskivor, höjer man innerytans temperatur.



Detta medför alltid en sänkning av relativa fuktigheten (RF) till en nivå *under* 100 %, vilket ej medger kapillär transport genom isoleringen.

Avdunstningen in mot rummet bromsas då fukten måste transporteras via *diffusion* genom isoleringsskiktet. Med samma ventilationsgrad bör det normalt medföra lägre fuktnivå i rummet. Observera att innerskiktet måste förses med ett fuktöppet material.

Tilläggsisolering med innervägg på distans

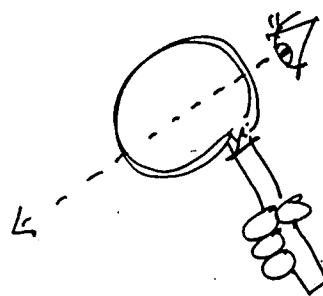
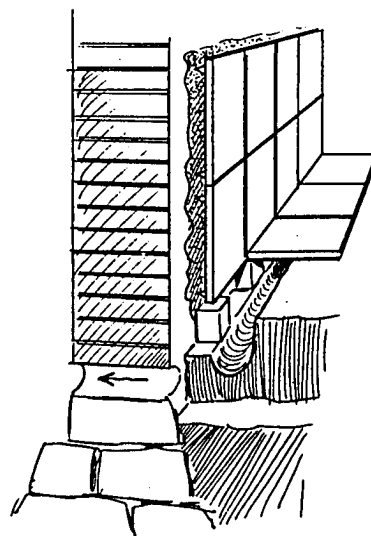
Redan för ca 2000 år sedan förekom en lösning, där man med kvadratiska tegelplattor med fyra konformiga upphöjningar intill varje hörn efter tjärstrykning kunde bygga en torr innervägg på distans från den fuktiga yttermuren. Den antika lösningen är användbar än idag.

Om en innervägg byggs innanför en yttervägg och utan kontakt med denna (eller med fuktspärr emellan), kommer konstruktionen att kunna fungera tillfredsställande om följande villkor uppfylls:

1. Spaltens luft får inte ha kontakt med rummets luft
2. Den nya innerväggen byggs på fuktspärr eller av kapillärbrytande material.

Enligt Massari måste luftspalten ventileras inåt eller utåt. Detta är diskutabelt. Idén bygger på att en oventilerad spalt att med tiden kommer få 100% RF så att innerväggen så småningom skulle bli lika fuktig som ytterväggen. Detta är en sanning med modifikationer.

Som vi förklarar närmare nedan i avsnittet om "Fuktmätning", är RF=100% ett nödvändigt villkor för att kapillärsugning ska förekomma, men det krävs mer *vatten* än så för att sugningen ska komma igång. Med noggrant materialval och genomtänkta detaljer bör sådana konstruktioner kunna fungera varför det gäller att detaljstudera varje konkret fall.

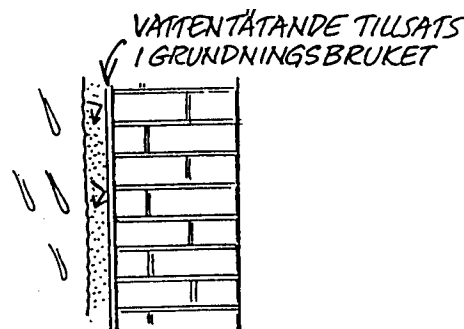


Putsning av fasaden med ånggenomsläpplig vattentät kalkputs

En relativt ny metod som använts av civ. ingenjör Krister Berggren använts med hittills fullt acceptabelt resultat, bygger på att förhindra att slagregn når det saltbemängda murverket utan att samtidigt hindra diffusionen av inifrån kommande fukt.

Detta åstadkoms genom inblandning av vattentätande tillsatser i grundningsbruket. En sådan tillsats är bentonitlera som i vått tillstånd expanderar ca 16 gånger.

Kalkputs med en sådan lera i rätt dosering släpper igenom ånga på vanligt sätt i torrt tillstånd. I samband med regn blir den däremot vattentät och hindrar därigenom det utifrån kommande vattnet att hämta salter inifrån murverket och bilda kristaller på putsens yta vid avdunstning.

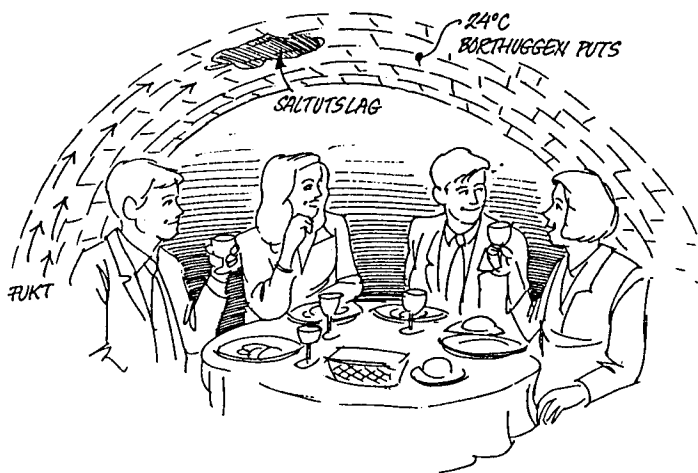


Anpassning av verksamheten till rådande förhållanden

I många äldre hus, där uppsugning förekommit under en längre tid, blir detta ofta inte ett egentligt problem så länge mikroklimatet intill murarna inte ändras. Det är t.ex. välkänt i branschen att gamla källarvalv som byggs om till restauranger eller till annan funktion som kräver uppvärmning, ofta får problem med saltvittring av putsen eller teglet.

Detta beror på att sådana murar som ofta innehåller stora mängder upplösta salter har haft låg temperatur och låg ventilation med andra ord konstant hög relativ fuktighetsnivå, som inte medgett bildning av saltkristaller i någon större utsträckning. När temperaturen höjs sker en kraftig sänkning av RF som leder till kristallisation och kraftig vittring.

Av detta följer att en ändring av användningen för dylika lokaler bör undvikas eller väljas så att minsta möjliga ändring av klimatet äger rum. Där problemet endast är av estetisk art, kan det vara befogat att avstå från åtgärder. Det kan t.ex. gälla gamla putsade fasader som länge haft den typiska skadebilden utan att förden skull kräva oacceptabelt täta underhållsinsatser.



Kort om fuktutredning och fuktmätning

Att någorlunda uttömmande behandla frågan om hur fuktutredningar och fuktmätningar bör göras, ryms inte i detta sammanhang. Vi vill dock försöka skissa några riktlinjer som kan vara till nytta för t.ex. den förvaltare som behöver göra en första bedömning av en fuktskada.

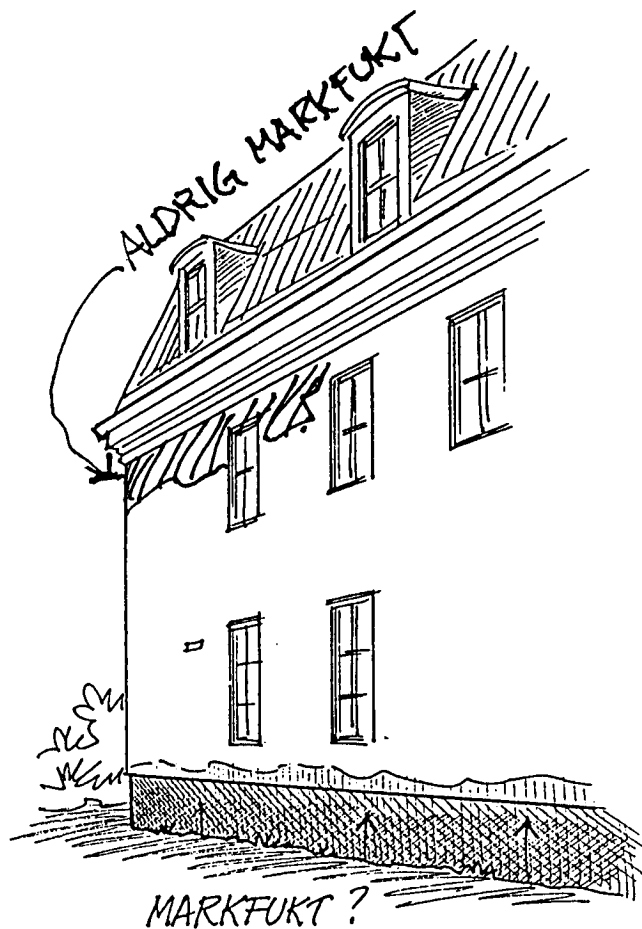
Fuktutredning - några praktiska synpunkter

Finns det saltutfällningar på skadestället? Om svaret är "ja!", är det tveklöst frågan om kapillärt transporterat vatten. Visserligen kan salter i marina miljöer transporteras i "sprayform", s.k. aerosoler, men i de flesta fall har de transporterats genom kapillärsystemet upplösta i vatten någonstans ifrån kommet.

När det gällde tegel och andra material kan det även röra sig om salter som funnits med från början i råvaran eller som bildats vid tillverkningen. Detta är fallet ex.vis när leran varit saltförande eller att det vatten som använts vid lerans uppslamning varit salthaltigt.

Skador efter kapillärt uppsugen markfukt har ett karaktäristiskt utseende genom att skadan syns nära marken och sällan når högre än 2–3 meter om inte vägg tjockleken är extrem. Ett inofficiellt rekord skulle kunna vara San Bernardo kyrkan i Rom där fukten stigit till 5,4 meter, och detta beror på att muren är fyra meter tjock. En "saltskada" på t.ex. Lunds domkyrkas torn 10 meter över marken, behöver inte utredas på plats för att hypotesen "markfukt" ska kunna uteslutas.

När kapillär uppsugning misstänks, är det ändå viktigt att försöka ringa in den aktuella fuktkällan. Skulle man komma fram till att det i huvudsak rör sig om felaktigt omhändertaget dagvatten som sugts upp, är det sannolikt avsevärt enklare och billigare att förbättra vattenavledningen än att åstadkomma en fuktspärr i ytterväggen. I liknande fall kan det, som vi redan nämnt, vara aktuellt att lägga en *vertikal* spärr av typen modern källarisolering utanför grundmuren.



Detta kan dock vara ett vanskligt företag med tanke på risken för ras i grundmuren i samband med uppgrävningen och innebär förmodligen bortkastade pengar om man dessutom inte kan utesluta att grundvattnet tar sig upp underifrån genom grundmuren.

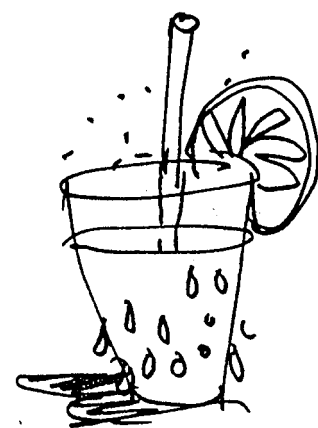
Skräckexempel finns där man för att sätta upp en vertikal spärr mot en mycket ojämn grundmur (normalfallet!) av natursten börjat med att gjuta på en större betongkaka, så att "problemet" blev "förvandlat" till tätning av konventionell källarvägg. Detta är att betrakta som ett grovt missgrepp mot byggnaden såväl som mot byggherrens plånbok med tanke på att det är en onödig och ineffektiv åtgärd som *kan* orsaka irreparabla skador.



Om inte vattnet kommer nedifrån grunden kan det komma från t.ex. slagregn, läckande ledningar eller kondens. Inläckning av slagregn drabbar endast oputsade hus med dåligt utfyllda stötfogar i mycket utsatta miljöer varför det i ett äldre hus bör vara ett välkänt problem då det drabbat huset ända från början. Vi behandlar inte frågan vidare i denna skrift.



Hypotesen "läckande ledningar" ska aldrig uteslutas lättvindigt. Det kan mycket väl finnas bortglömda ingjutna värmeledningar som börjat rosta. De är oftast lätta att hitta med hjälp av eventuella ritningar, om sådana finns, men framförallt med en värmekamera eller den billigare varianten "IR-pistol" en beröringsfri infraröd yttertermometer, förutsatt att de håller en annan temperatur än väggen. Observera att en fuktig yta normalt alltid blir kallare än en torr p.g.a. avdunstningen, varför en kartläggning av yttemperaturen är en enkel och bra metod att kartlägga för ögat osynliga fuktfläckar!



Kondens är troligen svårast att upptäcka för den oerfarne. Den uppträder ju från och till och ger genom tyngdlagen liknande skadebilder som andra fuktkällor. "Strumpan som hängs på tork blir ju alltid blötast längst ned."

Vad kan vi säga om kondens?

Principen är välkänd: träffar luft med tillräckligt hög RF en yta som är kallare sjunker luftens temperatur, RF stiger och vattenångan fälls ut, kondenserar om RF når 100 %. Sker detta på en porös yta, t.ex. kalkbruk, sugas kondensvattnet in ögonblickligen och "fläcken" förblir osynlig så länge inte mätnad uppstår.

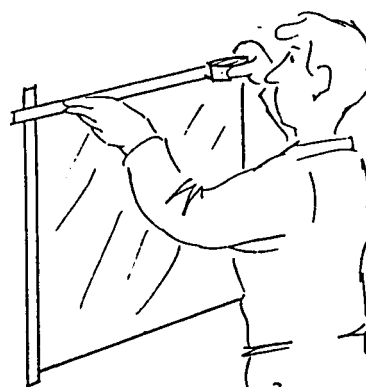
Mycket viktigt att notera är nu att eventuell förekomst av salter i väggytan, i teglet eller i putsen, inte nödvändigtvis synliga avsevärt sänker siffran 100 % som gräns för kondensering. salter är hygroskopiska, d.v.s. har förmågan att dra till sig fukt från luften. *En saltbemängd yta kommer därmed att hålla ett högre fukttinnehåll än en saltfri yta av samma material i samma rum.*

Detta är förklaringen till många svårtolkade våta fläckar med saltrand runt om som kan dyka upp och försvinna t.ex. på en putsad fasad strax under takfotsplåten trots att plåten är hel. Här är det en gammal läckageskada, som trots lagningar lämnat en saltanrikning efter sig som kan bilda kondensvatten mitt i sommaren under särskilda omständigheter. På detta sätt kan kondens bidra till tillförsel av vatten i en källarmur och på så sätt försörja den kapillära transporten med nytt gods.

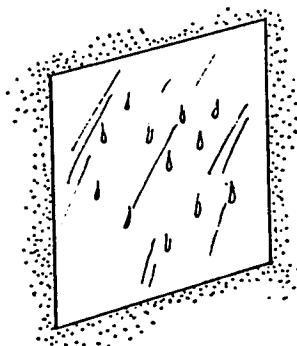
Hur ska man då förstå när det rör sig om kondens och inte uppsuget markvatten? Det kan vara mycket svårt framförallt om det är både och.

Grundregeln är att uppsuget vatten uppträder hela året medan kondensfenomen är säsongsbundna. Observera att kondensfläckar där salt finns kan uppträda högst nyckfullt.

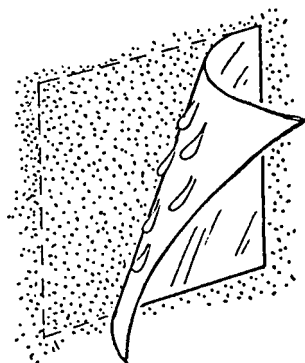
Ett klurigare sätt att undersöka släta väggar är följande: Klistra ca 1 m² aluminiumfolie mot väggen (Obs! ingen luft mellan folie och vägg). Folien kommer därmed att få en temperatur mycket nära väggens. Vid kondens bör vatten bli synlig på foliens yta. Bildas det vattendroppar mellan folien och väggen kommer fukten inifrån vägen men då knappast på grund av kondens.



KLISTRA UPP ca 1m² ALUMINIUMFOLIE...



VATTENDROPPAR
PÅ UTSIDAN FOLIEN
= KONDENS
FÖR HÖG RF I RUMMET
OCH/ELLER FÖR LÅG-
YTTEMPERATUR



VATTENDROPPAR
PÅ INSIDAN FOLIEN
= FUKT!

FUKTKÄLLAN FINNS UTMOM HUS
T.EX. SLAGREGN ELLER LÄCKANDE
RÖR

En synlig skada av den typ som förknippas med kapillärt uppsugen fukt kan även ha orsakats av en ej längre befintlig fuktkälla. Detta kan kontrolleras genom fuktmätning som dock måste utföras efter konstens alla regler och självklart av en oberoende mättekniker utan koppling till t.ex. en viss saneringsmetod..

Fuktmätning - viktig teori och några praktiska synpunkter

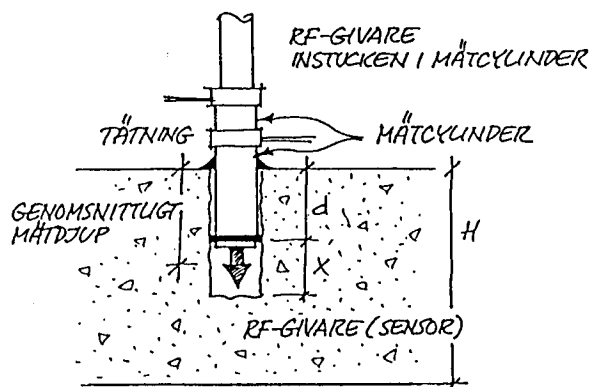
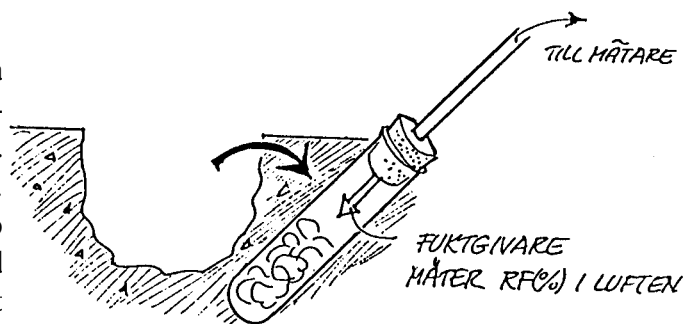
Vad är det som ska mätas? Att mäta är att fråga; ställer man fel fråga får man självfallet inget bra svar. I det följande redogörs för begreppen *relativ fuktighet* och *fuktkvot*, troligen beroende på att båda anges i procent sker ofta en samman-blandning av begreppen som leder till tankefel även hos välutbildade byggt tekniker.

Relativ fuktighet

Mängden vattenånga i luften kan anges på flera sätt men uttrycks oftast som *relativ fuktighet* eller *relativ ånghalt* (förkortas RF, RÅ, RH etc.). Från en teoretisk sida sett, ingen fukt alls, d.v.s. 0% RF kan luften ta upp allt mer vattenånga upp till en gräns, 100% RF (i praktiken 98%). Vid denna gräns kondenserar vatten. Detta kallas det *hygroskopiska området* (0-100% RF) och ligger under den nivå då kapillär transport kan ske.

Notera att en vägg med 100% RF i sina hålrum normalt leder till mögelbildning i eventuella trädetaljer som befinner sig i direkt kontakt med dess yta. Ändå är den höga fuktnivån *helt osynlig* även för ett tränat öga om man tar bort träet eller andra fuktkänsliga material! Det är först när väggen uppnått fuktmättnad som den ser blöt ut. Ändå är det mycket vanligt att branschfolk i beslutsledet ser en föreslagen mätning som bortkastade pengar när väggen (eller golvet) "ser torr ut".

Fukt kan man inte se och normalt inte känna särskilt bra heller!

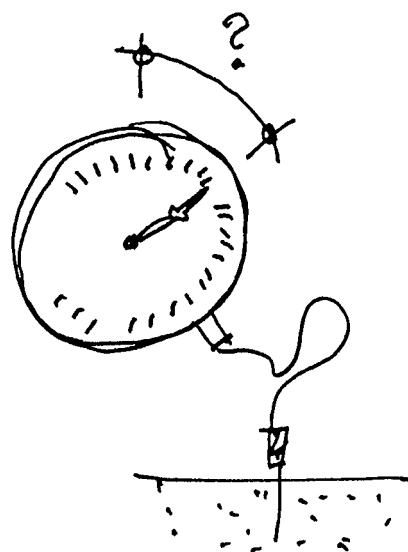


Mäter man RF i ett hålrum (t.ex. ett borrhål i ett tegelmurverk) och får ett värde under 98% kan man således med säkerhet utesluta kapillär fukttransport, åtminstone vid mättillfället. Får man värdet 98–100% är det svårare att uttala sig. *Luf*ten i hålrummet kan vara fuktmättad (d.v.s. RF=100%) utan att det finns tillräckligt med vatten i materialets kapillärer för att en sammanhängande vattenfilm ska finnas vilket är förutsättningen för att kapillariteten ska börja verka. Jämför med den halvt vattenfyllda häverten som inte vill komma igång!

Några ord är på sin plats om den mycket svåra konsten att mäta RF rätt:

1. Mätaren måste alltid kontrolleras och eventuellt kalibreras före och efter mätningen eftersom avvikelser lätt sker. Helst bör man mäta på uttagna prover som transporteras till mätarens miljö istället för tvärtom.
2. Hur snabb mätaren än sägs vara, måste mätsondens spets hålla samma temperatur som mätobjektet. Även en liten avvikelse ger en väsentlig avvikelse av RF-värdet. Detta betyder att det endast sällan går att gå från en exempelvis varm bil till ett i förväg borrarat och förseglat, kallt hål och läsa av efter endast några minuters väntetid; det handlar snarare om timmars väntan.

För kort mättid ger för lågt värde och är kanske det vanligaste mätfelet, men studier av mätningar i borrarade hål i betong visar att för höga värden också kan förekomma. Eftersom det inte går att ge en anvisning om en säker minsta mättid som inte blir onödigt lång, kan man istället se till att mätningen utförs tills man kan redovisa tre efter varandra stabila värden, d.v.s. med endast någon procents avvikelse. Faktum är att för den oerfarne är det lätt att mäta fel oberoende av mätapparat. Därför är mätning av uttagna prov i laboratoriemiljö där det är möjligt alltid att föredra. För den som i detalj vill veta hur detta ska göras rekommenderar vi t.ex. avsnittet om fuktmätning och mätfel i Göran Hedenblads skrift i referenslistan.



Fuktkvot

Medan mängden fukt i *luften* mäts som relativ fuktighet så anges fuktmängden i ett *material* oftast som *fuktkvot*, vanligen betecknat med "u".

Vad är då fuktkvoten? Fuktkvoten är vattenvikten i materialet delat med vikten av samma material i helt torrt tillstånd. Om fuktkvoten för en viss tegelsort är 5 % betyder det att den innehåller 5 g vatten per 100 g *torrt* tegel.

Fuktkvoten är alltså en annan storhet än RF trots att bägge anges i %.

Det som brukar öka förvirringen är att den relativa fuktigheten (RF) har en maxgräns nämligen vid 100% vilket de flesta känner till. *Fuktkvoten däremot saknar övre gräns.*

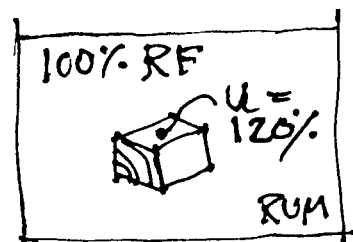
Nyfällda träd av porösa träslag kan ha fuktkvoter över 100%, d.v.s. innehålla en mängd vatten som väger mer än träets torra vikt! Fuktkvoten för nyavverkad gran- och furuvirke har uppmätts till mellan 160 och 170 % i splintveden och 40 till 50 % i kärnveden. Samtidigt är tegel med fuktkvot över kanske 5% i stort sett fuktmättad.

Stora variationer råder för olika tegelkvaliteter och är en viktig del i förklaringen till olika tegels skiftande vittringsbenägenhet.

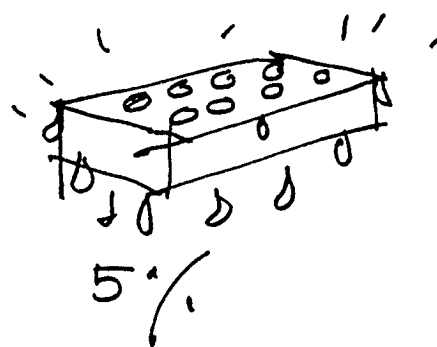
För fullständighetens skull bör vi nämna det snarlika begreppet "fukthalt" som föredras i t.ex. Fukt-handboken. Om man istället för att dividera vikten vatten i materialet med *vikten* torrt material istället dividerar med *volymen* torrt material, får man "fukthalten", w , som anges i kg/m^3 . Har man en uppgift på fuktkvoten får man motsvarande fukthalt genom att multiplicera med (skrym-) densiteten.

Tyvärr finns även en äldre "*fukthalt*" som har använts i landet fram till för ca 20 år sedan, där begreppet står för kvoten mellan vikten vatten i materialet och vikten *fuktigt* material! Kontrollera därför alltid vad som avses vid jämförelser, särskilt vid läsning av äldre och utländsk litteratur.

Vi kommer här att hålla oss till "fuktkvoten".



En träbit med 120% fuktkvot som placeras i ett rum med 100% RF kan inte torka och behåller därför sin höga fuktnivå.

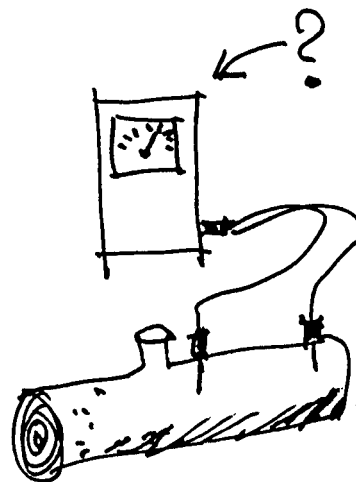


Om vid en pålitlig mätning av RF kan konstateras att RF är högre än 98 % eller lika, behövs även en fuktkvotsmätning för att konstatera om kapillärtransport pågår eller är avslutad. Med avslutad kapillärtransport avser vi tillståndet då hålrummet blivit helt vattenfyllt, vilket självfallet leder till att vattenrörelsen stannar upp.

Tyvärr är det lättare sagt än gjort att mäta fuktkvoten i de här sammanhangen. *Vi vill här bestämt varna för de elektriska fuktkvotsmätare oftast med två spik som ska tryckas in eller läggas an mot mätobjektet. De kan duga för mätning i trä men aldrig för annat än jämförelser mellan fuktnivåer i olika delar av murverk (sten, tegel eller betong), vad bruksanvisningen än säger.*

I de sällsynta fall då det är tillåtet att ta ut provkroppar från muren, är en bestämning av fuktkvoten relativt enkel och säker. Provkropparna tas ut mekaniskt utan vattentillförsel och med minimal temperaturhöjning och transporteras lufttätt, t.ex. i dubbla frysplastpåsar.

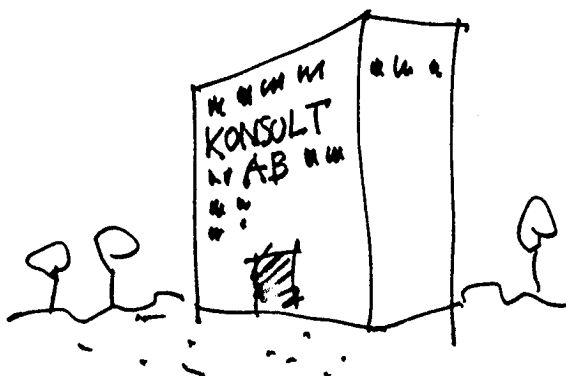
Genom att väga proverna noggrant före och efter torkning i ugn, kan man få uppgifterna för att räkna ut kvoten. Observera att prov som tagits nära ytan visar en felaktig bild av medelfuktnivån inne i väggen.



Kvalitetssäkring vid fuktmätning

För en förvaltare även med tillgång till välutbildad driftpersonal är det tveksamt om man ska gå särskilt långt i ambitionen att mäta själv. Viktigare är då att i dagens anda av kvalitetssäkring skaffa sig noggranna instruktioner om hur en seriös fuktutredning ska gå till. Det skulle föra för långt att här svara på hur en sådan instruktion bör se ut.

Låt oss ändå, som en oftast bortglömd självklarhet, nämna att ett godtagbart mätprotokoll bland annat ska innehålla uppgifter om använd apparatur (märke och typ), kalibrering, mättid och gärna en kort beskrivning av hur mätningen har gått till.



Vidare bör RF-mätningar av inomhusluften alltid kompletteras av en mätning av RF och temperatur utomhus vid samma tillfälle för kontroll av rimligheten hos de uppgivna värdena.

Observera att det sista *inte* utan vidare kan ersättas med uppgifter från närmaste väderleksstation, ett stort fel som förekommer t.o.m. i internationella forskningsprojekt!

Just därför att det är svårt att mäta rätt och förstå fuktfrågornas alla varianter och specialfall, är det särskilt viktigt att hålla en hög kunskapsnivå inom organisationen på alla nivåer och undvika att bli lurad av okunniga eller oseriösa aktörer i branschen. Det gäller att undvika lösningar som baseras på otillräcklig kunskap och "bondförnuftiga" åtgärder som oftast försvårar och fördyrar senare utredningar.



Referenser

Damp buildings, old and new

Massari, Giovanni & Ippolito, Rom 1993.

Utgiven av ICCROM - Den internationella organisationen som arbetar med vård av äldre byggnader. ISBN 92-9077-111-9.

Lättläst bok på engelska från en veteran inom fuktfrågor på kulturbyggnader med såväl teori som fallbeskrivningar på viktiga byggnader i

Venedig m.m. Även fuktproblem i moderna byggnader behandlas. Kan beställas från ICCROM eller via bokhandeln.

En kritisk gjennomgang av metoder som forhindrer fuktoppstigning i stein og murverk

Eirik Aarebrot.

Examensuppsats, Konservators-skolan i Köpenhamn 1995.

En aktuell sammanställning av metoder i dagens Danmark. Beställes från skolan.

Fukthandbok

Lars Erik Nevander, Bengt Elmarsson

Andra upplagan Stockholm 1994. Svensk Byggtjänst AB

Den svenska "fuktbibeln". Teoretisk och praktisk del som mycket väl kan användas av praktiker som handbok. Teoretiska sidan går mycket djupt men tillåter att den intresserade läser till "lagom nivå". Den praktiska sidan, som är lättläst, behandlar i princip bara moderna byggnader men kan vara mycket användbar för den som vill kontrollera förståelsen av fuktfysiken i äldre byggnader. Ett måste för den som vill behärska fuktfrågor.

Rising damp in walls: diagnosis and treatment

Building Research Establishment Digest 245, Watford 1981.

Kort skrift från brittiska byggforskningsrådet.

Vattenavvisande impregnering

Kenneth Sandin

BFR T15:1994. Svensk Byggtjänst.

Ingår i en läsvärd skriftserie från Fuktgruppen vid Lunds Tekniska Högskola. Enligt uppgift kommer Sandin att bedriva ett uppdragsforskningsprojekt på objekt behandlade med insprutad silikonharts.

Äldre murverkshus. Reparationer och ombyggnader

Krister Berggren, Ole Fabricius mfl

BFR T3:1990. Svensk Byggtjänst.

Enda skrift (handbok) på svenska som mer ingående tar sig an de äldre murverkshusen. Avsnitten håller olika kvalitet och fuktavsnittet är ett måste för den som engagerat förvaltar hus äldre än från 1930-talet.

Etude de l'assechement des murs soumis a des remontes capillaires

Marc Mamillan, Alain Bouineau

The Conservation of Stone. Proceedings of the International Symposium. Bologna 1976

Uttorkning av byggfukt i betong. Torktider och fuktmätning

Göran Hedenblad

Byggeforskningsrådets skrift T12:1995.

Treatment of rising damp. Evaluation of six chemical products

van Hees, R.P. J. Koek, J.A.G.

Proceedings of the 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. Berlin 30/9 - 4/10 1996. Edited by Josef Riederer ISBN 3-00-000779-2

Nene er Kentrisse in der Manerwerks Trockenlegung.

C. ArendtBantenschmitz und Bansamierung, 2/94. sid. 69-74.??????????

Övrig rekommenderad litteratur

SABO:s skriftserie om fukt, särskilt Pärm A.
