



LUND UNIVERSITY

Vattenavvisande fasadimpregnering

Sandin, Kenneth

1993

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Sandin, K. (1993). *Vattenavvisande fasadimpregnering*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7051). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

AVDELNINGEN FÖR BYGGNADSMATERIAL

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

VATTENAVVISANDE FASADIMPREGNERING

Kenneth Sandin

RAPPORT TVBM-7051

LUND 1993

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
1 INLEDNING	5
2 SYFTE MED IMPREGNERINGEN	6
2.1 Stoppa direkt vattenläckage	6
2.2 Förbättrad värmeisolering	7
2.3 Förhindra frostsador	9
2.4 Förhindra saltutfällningar	9
2.5 Minskad kemisk nedbrytning	10
2.6 Minskat biologiskt angrepp	10
2.7 Minskad nedsmutsning	11
2.8 Förbehandling innan målning	11
3 FYSIKALISK PRINCIP FÖR VATTENAVVISANDE IMPREGNERING	12
4 SILIKONKEMI	16
4.1 Nomenklatur och uppbyggnad	16
4.2 Olika silikontyper och deras egenskaper	20
4.3 Olika radikaler och deras egenskaper	22
4.4 Egenskaper hos kombinationen silikontyp-alkylgrupp	23
5 KRAV PÅ IMPREGNERINGEN	25
6 OLIKA PRODUKTERS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE	28
6.1 Allmänt	28
6.2 Silikonat	28
6.3 Silan	28
6.4 Siloxan	29
6.5 Silan-siloxanblandning	29
6.6 Silikonharts	29
6.7 Mikroemulsion	30
7 FASADIMPREGNERING I PRAKTIKEN	31
7.1 Bedömning av förutsättningarna för impregneringen	31
7.2 Val av preparat	33
7.3 Förarbeten	34
7.4 Applicering	34
7.5 Övrigt	35
8 LITTERATUR	36
BILAGA	37

FÖRORD

Begreppet vattenavvisande fasadimpregnering tolkas ofta på olika sätt av olika personer. För vissa personer är begreppet förknippat med en "tät beläggning på ytan". För andra är begreppet synonymt med "någon kladdig smörja". De senare använder även begreppet "silikonimpregnering". Att det finns så många olika uppfattningar beror till stor del på bristande kunskaper. Ämnesområdet är mycket styvmoderligt behandlat i Sverige. Det finns överhuvudtaget ingen heltäckande översikt på svenska. Även internationellt är förekommande litteratur svårtillgänglig. Antingen är det fråga om ytliga betraktelser eller mycket djupgående kemiska/fysikaliska beskrivningar.

Ämnesområdet togs upp i verksamhetsplanen för Fuktgruppen vid Lunds Tekniska Högskola under anslagsperioden 90/91 - 92/93. Projektet är uppdelat i flera etapper. Föreliggande skrift avser den inledande etappen där grundläggande begrepp, kemiska och fysikaliska principer, olika användningsområden, för- och nackdelar beskrivs relativt utförligt. Någon detaljerad redovisning av olika laboratorieundersökningar görs inte. Detaljdiskussioner och redovisning av laboratorie- och fältstudier kommer att ske i följande etapper. Syftet med denna skrift är att sammanställa befintliga kunskaper så att alla skall "prata samma språk".

Projektet har finansierats av SBUF, BFR och FMB.

Lund i maj 1993

Kenneth Sandin

SAMMANFATTNING

Vattenavvisande fasadimpregneringar har använts under lång tid för att förhindra vattenuppabsorption vid regn. Stora fördelar finns att vinna genom en impregnering. Samtidigt finns det emellertid vissa risker. Inom byggbranschen finns det helt olika uppfattningar om impregneringens lämplighet.

I föreliggande skrift beskrivs den fysikaliska principen för vattenavvisande impregneringar samt deras för- och nackdelar. För att bringa ordning i den stundtals förvirrade debatten kring olika preparat ägnas ett relativt stort utrymme åt grundläggande silikonkemi och en beskrivning av olika preparat som finns på den svenska marknaden.

Slutligen behandlas det praktiska arbetet vid genomförandet av en fasadimpregnering.

1 INLEDNING

Många skador i ytterväggar beror på ett högt fuktinnehåll, vilket i sin tur beror på hög vattenabsorption vid slagregn. Som exempel kan nämnas mögel och röta i reglar och syll i den traditionella skalmurskonstruktionen och direkt vattenin-trängning i homogena väggar. Andra negativa effekter av ett högt fuktinnehåll är sämre värmeisolering (mätningar har visat att värmeflödet kan öka med upp till 50 %), snabbare nedbrytning och ökad nedsmutsning.

Vattenavvisande impregneringar har stora fördelar och de används i ökande omfattning i Sverige. Jämfört med Tyskland är dock användandet i Sverige obetydligt. Orsaken till detta är en mycket utbredd skepsis till vattenavvisande preparat. Denna skepsis grundar sig på ett mycket konservativt synsätt där man utnyttjar enstaka gamla misslyckanden som ett generellt argument mot preparaten. Ett sådant argument är att preparaten bryts ned på några år. Använder man fel preparat är detta sant. Det finns dock preparat som efter 20 - 25 år fortfarande fungerar utan anmärkning. Ett annat argument mot preparaten är att man inte kan upprepa en impregnering om det skulle behövas. Detta argument faller på sin egen orimlighet. Om impregneringen har brutits ned finns den ju inte kvar och kan sålunda inte vara ett hinder för en ny impregnering!

Även om vattenavvisande impregneringar har stora teoretiska fördelar kan det finnas nackdelar, till exempel lokalt ökad vattenbelastning på vissa partier. Kunskaperna om i vilka situationer fördelarna överväger nackdelarna är mycket bristfälliga och grundar sig i huvudsak på personliga värderingar och tyckande.

Syftet med föreliggande skrift är att ge läsaren de grundläggande kunskaperna inom ämnesområdet "vattenavvisande impregneringar". Så långt som möjligt undviks personliga värderingar. Att till hundra procent uppfylla detta är troligen inte möjligt, eftersom det finns diametralt motsatta uppfattningar i vissa frågor. Stor vikt läggs vid att klarlägga olika begrepp och nomenklatur. Framställningen begränsas i huvudsak till olika typer av silikon, eftersom dessa är helt dominerande.

Vattenavvisande preparat används inom ett antal olika områden. Inblandning i murbruk och murblock är ett exempel på att göra hela materialet mer eller mindre vattenavvisande. Ett annat användningsområde är att injicera i gamla murverk med uppstigande markfukt. Ett tredje användningsområde är att impregnera fasader, antingen som slutbehandling eller som förbehandling innan målning. Framställningen i denna skrift avser i första hand fasadimpregnering. Mycket av innehållet är dock generellt för all användning av vattenavvisande preparat.

2 SYFTE MED IMPREGNERINGEN

Fukt i byggnadskonstruktioner kan medföra stora olägenheter. Förutom direkta skadeverkningar kan fukten även medföra estetiska och andra negativa effekter. Genom att hålla väggen torr kan stora tekniska, estetiska och ekonomiska fördelar vinnas.

Det övergripande syftet med all vattenavvisande impregnering är att uppnå de torra materialens alla fördelar. I det följande ges några exempel på vilka fördelar som kan erhållas med en vattenavvisande impregnering av fasader. I förekommande fall redovisas även eventuella nackdelar och risker med impregneringen.

2.1 Stoppa direkt vattenläckage

Vattenläckage genom fasader beror normalt på att det finns små sprickor i konstruktionen, exempelvis mellan mursten och murbruk. I vissa fall har ett sådant läckage ingen betydelse, till exempel i en skalmur med väl fungerande dränering och vattenutledande anordningar bakom skalmuren. I andra fall kan ett vattenläckage få allvarliga konsekvenser, till exempel i en skalmur där dränering och vattenutledande anordningar inte fungerar. Konsekvenserna kan bli mögel och röta i den bakomliggande konstruktionen. För att åtgärda ett sådant läckage väljer man ofta att riva och mura om skalmuren.

Med en vattenavvisande impregnering kan många läckageproblem elimineras. En förutsättning är dock att förekommande sprickor är små. Som riktvärde brukar man anse att sprickorna maximalt får vara 0.4 mm breda. Denna siffra är dock inte entydigt verifierad. Det finns enstaka uppgifter på att man maximalt kan tillåta sprickbredden 0.1 mm. En annan förutsättning för att impregneringen skall fungera är att det vattenavvisande preparatet tränger in i sprickan. Appliceringen måste alltid göras mycket flödigt så att preparatet kapillärt kan sugas in i sprickan.

Eftersom det kan vara svårt att helt säkert bedöma sprickförhållandena är åtgärden aldrig helt säker. Med tanke på att kostnaden för en vattenavvisande impregnering är mycket låg jämfört med andra åtgärder (5 - 10 % av kostnaden för en ommurning) är dock metoden väl värd att överväga.

I konstruktioner som ständigt är utsatta för vattenövertryck kan läckage inte elimineras med en vattenavvisande impregnering. Teoretiskt finns det en viss möjlighet även i sådana fall. I praktiken är dock risken att misslyckas stor.

2.2 Förbättrad värmeisolering

Ett ökande fuktinnehåll i ett material innebär alltid att värmeledningsförmågan ökar. För många material saknar detta praktisk betydelse. För andra material, till exempel autoklaverad lättbetong, har däremot denna effekt en avgörande betydelse för materialets avsedda funktion. I FIG 2.1 redovisas värmeledningsförmågan som funktion av fuktinnehållet för autoklaverad lättbetong. Som synes ökar värmeledningsförmågan med cirka 50 % när fuktkvoten ökar från 4 till 17 viktsprocent. Denna fuktnivå är på intet sätt ovanlig om inte fasaden skyddas mot att absorbera slagregn på ett riktigt sätt. Även fuktnivåer kring 30 viktsprocent förekommer i praktiken. I dessa fall kommer värmeflödet genom väggen att fördubblas, jämfört med den torra väggen.

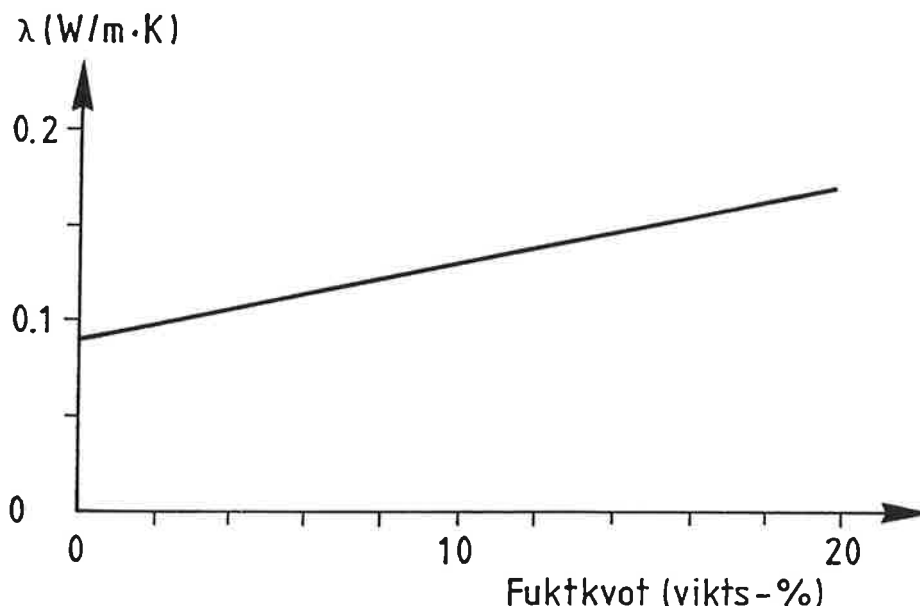


FIG 2.1. Exempel på värmeledningsförmåga som funktion av fuktkvot för autoklaverad lättbetong, densitet 400 kg/m^3 .

Förutom att den rena värmeledningen ökar i en blöt vägg så åtgår även stora energimängder för att torka ut det vatten som absorberas vid slagregn. I FIG 2.2 redovisas ett exempel på hur energiflödet genom en 70 mm lättbetongvägg varierar med fuktinnehåll och avdunstning från väggen. I början är väggen blöt och avdunstningen är förhindrad med en plastfolie på utsidan. Efter 1 dygn avlägsnas plastfolien, varvid uttorkningen börjar. Härvid ökar som synes energiflödet från insidan kraftigt. Efterhand minskar sedan energiflödet, allteftersom fuktinnehållet i väggen minskar. Inverkan av avdunstningen framgår ytterligare vid tiden 36 dygn då ånyo en plastfolie förhindrar uttorkningen under 1 dygn.

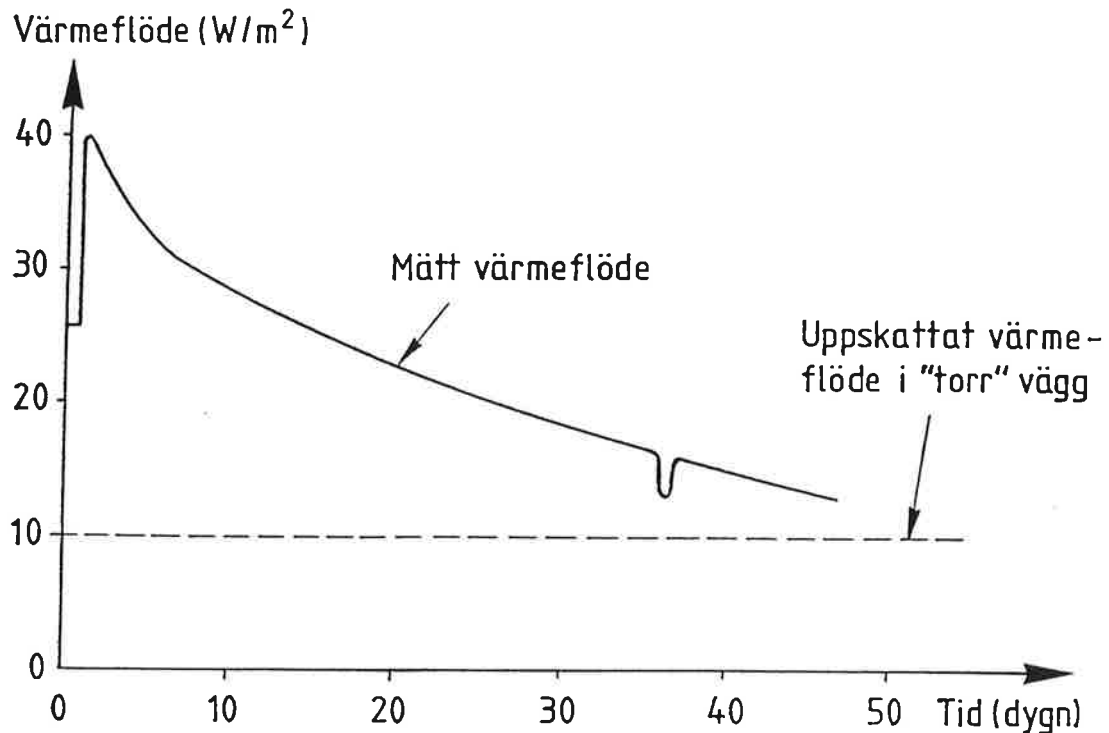


FIG 2.2. Energiflöde genom blöt lättbetongvägg som torkar ut.

I TAB 2.1 redovisas en beräkning av energiflödet genom en 250 mm tjock lättbetongvägg under hösten. Som synes är inverkan av fukten avsevärd. En vägg med fuktinnehållet 10 viktsprocent är inte ovanlig. I en sådan vägg är energiflödet 40 % högre än genom en "torr" vägg.

Med en vattenavvisande impregnering kan fuktinnehållet i en lättbetongvägg reduceras till cirka 4 %, med åtföljande reduktion av energiflödet genom väggen.

TAB. 2.1. Energiflöde genom en 250 mm lättbetongvägg under hösten i Skåne.

Medelfuktkvot i väggen (vikts-%)	Mulen höstnatt (W/m ²)	Mulen höstdag (W/m ²)
4 (ingen uttorkning)	7.8	3.9
10	9.5	6.9
20	11.5	8.3
30	13.4	9.7

2.3 Förhindra frostsador

Frostsador förutsätter ett högt fuktinnehåll samtidigt som materialet fryser. Genom att impregnera med ett vattenavvisande preparat elimineras det höga fuktinnehållet, och därmed även risken för frostsador. Detta är i många tillämpningar en vedertagen teknik att förbättra frostbeständigheten.

I vissa sammanhang finns det dock stora risker med en impregnering. Som två exempel kan nämnas murverk med uppstigande markfukt och fasader med befintliga frostsador. I fallet med uppstigande markfukt medför en fasadimpregnering att den markfukt som sugs upp i väggen får svårare att torka ut. Resultatet av detta blir att fukten stiger högre upp i väggen och att fuktinnehållet blir högre nedtill. Sannolikheten för frostsador blir alltså större efter impregneringen, eftersom ingen åtgärd vidtas för att minska fuktuppsugningen samtidigt som uttorkningsmöjligheterna försämras.

I fallet med impregnering av en redan frostsadad tegelfasad medför impregneringen att fuktupptagningen i samband med slagregn minskar kraftigt, eller till och med elimineras helt. Risken är dock stor att det finns ett antal skadade tegelstenar som efter en tid spjälkas. Här kommer det då att finnas "felställen" som är oimpregnerade. Resultatet blir en lokalt mycket kraftig vattenbelastning, vilket innebär en större frostpåkänning efter impregneringen än innan. Skall en frostsadad tegelmur impregneras måste varje sten undersökas i detalj med avseende på inre sprickbildning och dylikt. Alla skadade stenar måste bytas ut. Görs inte detta är risken stor att frostsadorna ökar (åtminstone lokalt) efter en impregnering.

2.4 Förhindra saltutfällningar

I murverk finns det ofta vattenlösliga salter. Dessa kan härstamma från ingående material, luftföroreningar, någon verksamhet i byggnaden, någon kemisk reaktion i väggen eller dylikt. När ett sådant murverk utsätts för slagregn löses salterna i vattnet och transporteras in i väggen. När sedan väggen torkar ut avdunstar vattnet från ytan, medan salterna stannar på ytan. Efterhand bildas en vit (eller i vissa fall färgad) beläggning av salter på fasaden.

Genom att impregnera ytan med ett vattenavvisande preparat förhindras de salter som finns i väggen att nå ytan. Salter kan nämligen endast transporteras i vatten och genom det impregnerade skiktet kan någon fukttransport i vattenfas inte ske. Resultatet blir att salterna ansamlas i gränsen mellan impregnerat och icke impregnerat material.

I normala fall är det fråga om så små mängder salt att en viss ansamling under det impregnerade skiktet inte kan förorsaka några problem. Det kan dock finnas

undantag. Ett sådant är murverk med ständig tillförsel av fukt och salt, till exempel murverk med uppstigande markfukt. I ett sådant fall sker en ständig ansamling av salter bakom det impregnerade skiktet. Under inverkan av varierande fukt- och temperaturtillstånd uppvisar vissa salter kraftiga volymändringar. Dessa volymändringar kan medföra en kraftig nedbrytning av materialet. Murverk med uppstigande markfukt bör således inte impregneras, om man inte dessförinnan har stoppat den uppstigande markfukten.

2.5 Minskad kemisk nedbrytning

Den vanligaste kemiska nedbrytningen av fasader är "förgipsning" av kalkhaltiga material. Denna sker när svavelföreningar (SO_2 eller SO_3) reagerar med kalciumkarbonat (CaCO_3) och bildar gips (CaSO_4). Gipsbildningen sker under kraftig volymökning, vilket medför en förtätning av ytan (krustbildning). På fasadpartier som är utsatta för mycket slagregn löses gipsen upp och tvättas bort. På fasadpartier med mindre regn kan en centimetertjock krustbildning ske. I krustan innesluts normalt en stor mängd smutspartiklar, vilket medför att fasaden blir kraftigt missfärgad.

Luftföreningar kan tillföras fasadmaterialet på två olika sätt, dels upplöst i regnvatten och dels i gasform. Tillförseln genom regnvatten är klart dominerande och kan helt elimineras genom en vattenavvisande impregnering. Även den del som tillförs i gasform kan till en del elimineras genom att regnvattnet tvättar bort det som avsatts på ytan. Utan impregnering skulle föreningarna lösts upp i regnvattnet och sugits in i väggen.

Förutom att den vattenavvisande impregneringen eliminerar upptagningen av förorenat regnvatten så minskar även den kemiska aktiviteten i fasaden, eftersom materialet blir torrt.

2.6 Minskat biologiskt angrepp

Fuktiga ytor är en förutsättning för att mikroorganismer skall kunna växa. Förutom att mikroorganismer icke är önskvärda ur estetisk synvinkel så kan de i vissa fall förorsaka en direkt nedbrytning av materialet i ytan.

En vattenavvisande impregnering medför att fasaden blir torr och därmed elimineras grundförutsättningen för all biologisk påväxt.

2.7 Minskad nedsmutsning

Nedsmutsningsmönstret på en fasad är i hög grad beroende av fasadens förmåga att absorbera slagregn. Absorberas allt slagregn, så att det aldrig bildas något rinnande vatten, smutsas fasaden relativt jämnt. Eftersom allt regn absorberas sker nedsmutsningen snabbt och smutsen sugas delvis in i porerna och fastnar på porväggarna.

På en fasad som inte suger upp något vatten, till exempel efter en vattenavvisande impregnering, sugas smutsen inte in i porerna utan sitter löst på ytan. Vid varje slagregn bildas rinnande vatten som tvättar bort smutsen.

En nackdel med en fasad som inte suger vatten kan vara att nedsmutsningsbilden blir ojämn. Fasadpartier i "regnskugga", till exempel under utstående fasadpartier, kommer inte att få något rinnande vatten som tvättar rent. Detta gäller delvis alla fasader, även sådana som suger relativt mycket vatten. En fasad som gjorts vattenavvisande är dock väsentligt lättare att rengöra med en enkel fasadtvätt.

2.8 Förbehandling innan målning

En grundtanke med organiska fasadfärger är att de skall förhindra vattenabsorption vid slagregn, samtidigt som de skall tillåta uttorkning av det vatten som finns i väggen. Det senare sker normalt i ångfas. Principen är helt korrekt med avseende på fasadens fuktförhållanden. I praktiken finns dock alltid risken att fasadfärgen av någon anledning får defekter, till exempel beroende på slarvig applicering eller sprickor i underlaget. Genom sådana defekter kan mycket stora vattenmängder lokalt sugas in och förorsaka problem, till exempel frost- eller saltsprängning.

En vattenavvisande impregnering innan ytbehandlingen förhindrar vatteninsugning genom defekter i ytskiktet. Några negativa effekter av en vattenavvisande impregnering innan målning med organiska färger finns inte. Impregneringens inverkan på uttorkningsförhållandena är helt försumbar i sammanhanget. En grundning med ett filmbildande skikt fördröjer normalt uttorkningen mer och har inte samma positiva effekt med avseende på att minska vattenupptagningen.

För att impregneringen skall få avsedd effekt måste den appliceras flödigt, så att även befintliga småsprickor blir impregnerade.

3 FYSIKALISK PRINCIP FÖR VATTENAVVISANDE IMPREGNERING

Porösa byggnadsmaterial i kontakt med fritt vatten suger normalt upp en viss mängd av detta vatten. Denna kapillärsugning sker relativt snabbt. Uppsugningshastigheten bestäms av mängden porer samt porernas storlek och struktur.

Sughastigheten är proportionell mot porstorleken, medan sugkraften och den maximala sughöjden är omvänt proportionell mot porstorleken. I ett cylindriskt kapillärrör ges sugkraften av

$$p = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos \theta}{r}$$

där σ = ytspänning (N/m)

θ = randvinkel

r = rörets radie (m)

Randvinkeln θ är ett mått på hur vattnet väter porväggarna. För normala porösa byggnadsmaterial är randvinkeln noll, vilket medför att $\cos \theta = 1$. Genom att behandla porväggarna kan randvinkeln ändras. Om man förändrar randvinkeln till 180° sker överhuvudtaget inget vätning av porväggarna, vattnet stöts i stället bort. Förhållandena vid olika randvinklar illustreras i FIG 3.1.

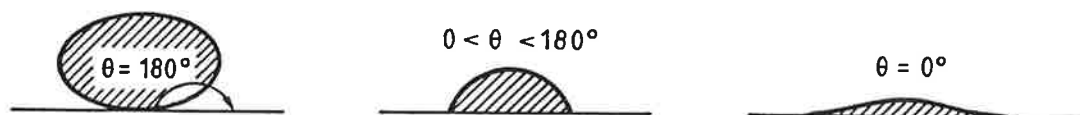


FIG 3.1. Vattendroppe i kontakt med underlag med olika randvinkel.

Vid randvinkeln $\theta = 90^\circ$ blir sugkraften enligt ovanstående ekvation lika med noll. Vid större randvinkel blir sugkraften negativ, vilket innebär att materialet inte suger något vatten, även om vattnet har ett visst övertryck. Med ökande randvinkel kan övertrycket ökas utan att materialet suger något vatten. Sugförhållandena i kapillärrör med olika randvinkel illustreras i FIG 3.2.

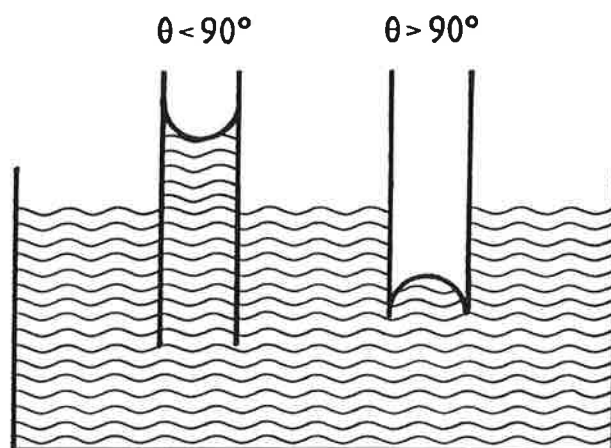


FIG 3.2. Vattensugning i kapillärrör med olika randvinkel.

Principen för vattenavvisande impregnering är just att förändra randvinkeln genom att belägga porväggarna med ett ytterligt tunt skikt som är vattenavstötande. Preparatet består av en polär och en opolär del. Den polära delen attraheras av och binds till porväggen, medan den opolära delen vänds utåt och stöter bort vattnet. Förenklat kan förhållandena illustreras med hantlar enligt FIG 3.3. Tjockleken på det vattenavstötande skiktet är mycket liten och normalt försumbar. Minskningen i porositet är knappast mätbar för normala material. Detta innebär att ångtransporten inte påverkas i någon nämnvärd utsträckning.

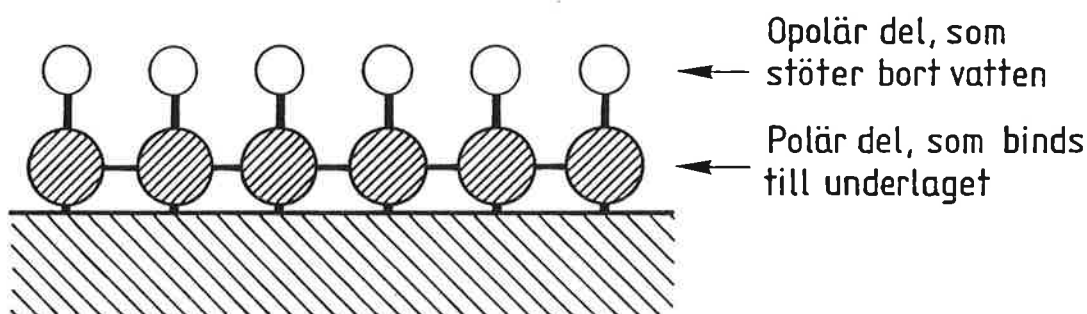
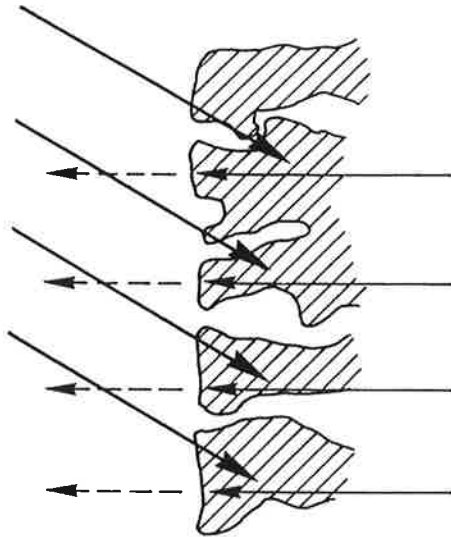


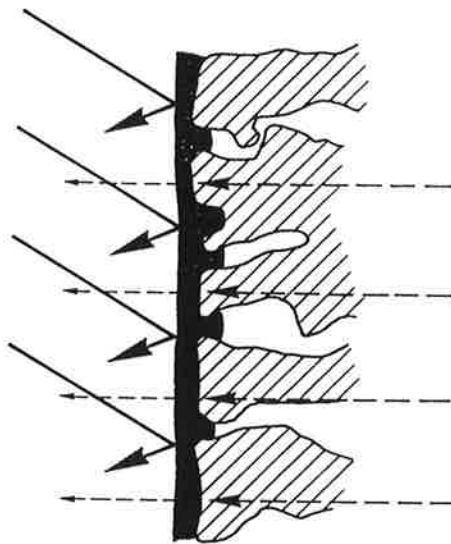
FIG 3.3. Princip för vattenavvisande preparat.

I FIG 3.4 illustreras hur en vägg som impregnerats med vattenavvisande preparat fungerar jämfört med en obehandlad vägg och väggar med andra ytbehandlingar.



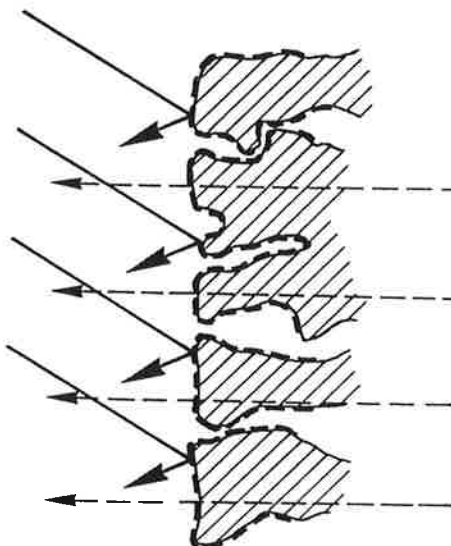
FASAD UTAN YTBEHANDLING

Regn absorberas fritt. Efter regnet sugs vatten kapillärt fram till ytan där det avdunstar.



FASAD MED "TÄT" YTBEHANDLING

Ytbehandlingen förhindrar vattenupptagning vid regn. Vattenånga kan fritt transporteras inifrån väggen och fram till ytan. Ytbehandlingen hindrar den fortsatta ångtransporten mer eller mindre.



FASAD MED VATTENAVVISANDE IMPREGNERING

Impregneringen förhindrar vattenabsorptionen vid regn. Vattenånga kan fritt transporteras inifrån väggen och ut.

FIG 3.4. Fuktförhållanden vid olika ytbehandlingar.

De vattenavvisande preparat som används i praktiken ger varierande randvinkel. 180° är ett ytterlighetsfall med "fullständig" vattenavvisning. Vid mindre randvinkel ökar möjligheten att "överbrygga" den vattenavvisande effekten, till exempel genom ett yttre övertryck. Den praktiska gränsen för att ett preparat skall vara någorlunda effektivt anses vara $130 - 140^\circ$.

Har vatten av någon anledning överbryggat det vattenavvisande skiktet, till exempel på grund av ett yttre tryck, och kommer i kontakt med material som icke är impregnerat kommer detta material att suga vatten som om ingen impregnering fanns. Med hänsyn härtill skall en impregnering göras relativt djupgående. Att enbart impregnera någon tiondels millimeter i ytan innebär stora risker för lokal vatteninträngning vid minsta mekaniska kontakt med ytan. Förhållandena kan jämföras med ett tält i regnväder. Så länge man inte vidrör tältduken kommer inget vatten in. Vid kontakt med tältduken bildas dock en "inkörsport" för vatten.

4 SILIKONKEMI

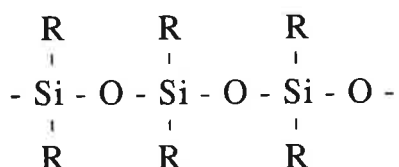
Silikonbaserade produkter används inom vitt skilda tillämpningsområden. Formolja, glidmedel, elektrisk isolering, fogmassa, kosmetik och vattenavvisande impregnering är några exempel. Produkternas egenskaper är helt väsensskilda. Vissa är flytande medan andra är fasta. Vissa produkter ger en klabbig och smutsattraherande yta medan andra ger en klabbfri och smutsavstötande yta. Det enda gemensamma är att i alla produkter finns en polymer bestående av kisel och syre samt att det på denna polymerkedja finns ett antal kolväteföreningar. Genom att variera polymerkedjans utseende och längd, kolväteföreningarnas kemiska sammansättning och antal kan produkternas egenskaper varieras i det oändliga.

4.1 Nomenklatur och uppbyggnad

Begreppet silikon är inte entydigt. I föreliggande framställning karaktäriseras silikon enligt (Noll 1968)

1. Silikoner är polymerer
2. Silikoner innehåller kisel-syrebindningar
3. Silikoner innehåller kolväteföreningar direkt bundna till kiselatomer

Definitionen innebär att silikoner intar en mellanställning mellan organiska och oorganiska föreningar. Prototypen för en silikon med en linjär polymerkedja kan illustreras med strukturformeln



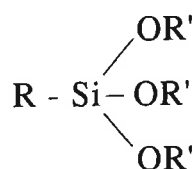
där R är en radikal (kolväte). Grundkedjan i polymeren är sålunda oorganisk medan de påkopplade radikalerne är organiska.

Polyorganosiloxan är ur kemisk synvinkel en mer precis benämning än silikon. Siloxan hänvisar till kisel-syrebindningen Si-O-Si (på engelska sil-oxane efter silicon (kisel) och oxygen (syre)). Organo innebär att det finns organiska komponenter. Poly innebär att flera organosiloxan-molekyler är sammankopplade till en polymer.

Den minsta enheten i polymeren är en så kallad silangrupp, vilken endast innehåller en enda kiselatom. Den kemiska formeln för den enklaste silanen är SiH_4 . Genom att byta ut en eller flera väteatomer mot organiska grupper erhålles olika typer av organosilaner.

"Grundenheten" i alla silikoner är en silangrupp där de 4 väteatomerna ersatts med alkyl- och alkoxygrupper. Alkylgrupperna är olika kolvätegrupper, till exempel $-\text{CH}_3$. Alkoxygrupperna är i princip alkylgrupper som binds till kiselatomen via en syreatom, till exempel $-\text{OCH}_3$.

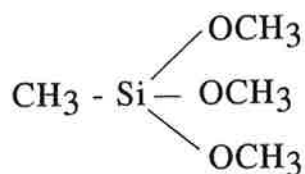
Silangruppen kan generellt beskrivas med principformeln



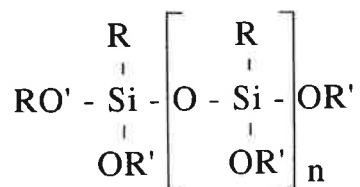
där R = alkylgrupp

OR' = alkoxygrupp

Den kemiska benämningen blir alkyl-trialkoxy-silan. Med de minsta kolvätegrupperna enligt ovan insatta erhålles en metyl-trimetoxy-silan med den kemiska formeln



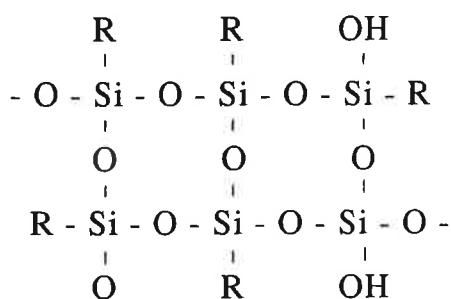
Genom att koppla samman flera silangrupper erhålles en siloxan med den generella formeln



Den kemiska benämningen blir alkyl-alkoxy-siloxan. För att ytterligare specificera molekylens används tillägget oligomer alkyl-alkoxy-siloxan vid små värden på n (mindre än 4 - 6). Vid stora värden på n används tillägget polymer. Om till exempel både R och R' är en metylgrupp och $n=3$ blir den generella benämningen

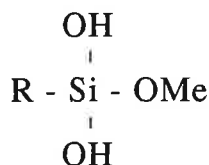
oligomer metyl-metoxysiloxan

Under avspaltning av alkohol och kondensering kan silan- och siloxangrupper bilda stora polymerkedjor, silikonharts, med det principiella utseendet



Denna silikonharts är alltid slutprodukten oberoende av utgångsprodukten. Om utgångsprodukten vid impregneringen är en silikonharts sker i huvudsak enbart en avdunstning av lösningsmedlet. Är däremot utgångsprodukten en silan eller en siloxan sker en kemisk reaktion så att en silikonharts bildas. Den aktivt vattenavvisande komponenten är radikalen (alkylgruppen). Hydroxylgrupperna (OH) i silikonhartsen reagerar kemiskt med varandra och med motsvarande hydroxylgrupper på porväggarna (under avspaltning av vatten) och ger därvid en stabil kemisk bindning till porväggarna i det impregnerade materialet.

De hittills beskrivna silikontyperna är i princip varianter på samma tema. En något avvikande variant är silikonat. Denna består av molekyler med utseendet

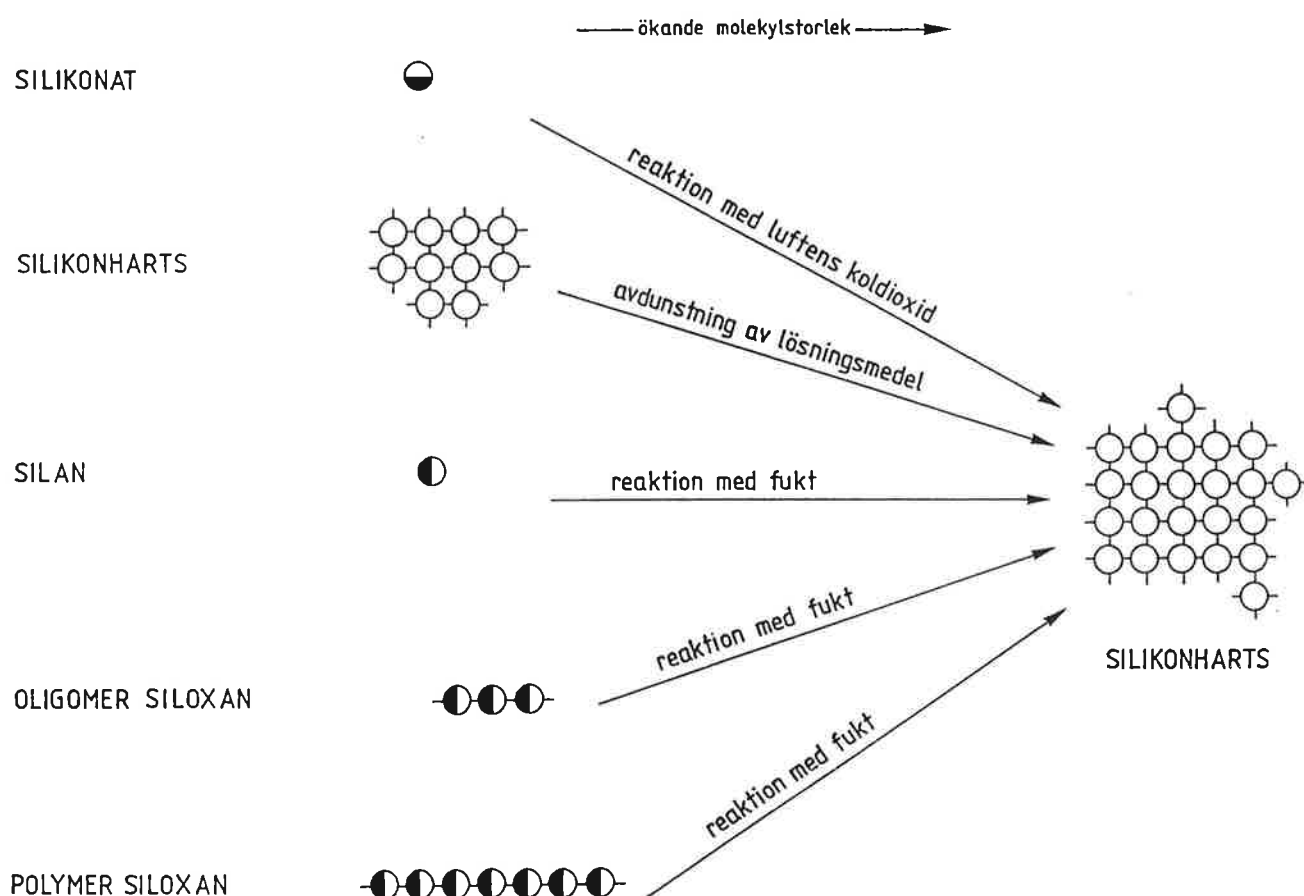


där OH = hydroxylgrupp

OMe = metallsalt

Silikonat består av enskilda molekyler och påminner sålunda om silan. Skillnaden är att silikonat innehåller hydroxylgrupper och metallsalt i stället för alkoxygrupper. Me är normalt K eller Na. Under reaktion med luftens koldioxid avspaltas K_2CO_3 respektive Na_2CO_3 varvid en silikonharts bildas. Slutprodukten är sålunda densamma som för de övriga silikontyperna.

Den principiella skillnaden mellan olika preparat kan schematiskt sammanfattas med följande schema:



4.2 Olika silikontyper och deras egenskaper

Den slutliga produkten, som ger de vattenavvisande effekterna, är alltid den samma. Efter avdunstning av lösningsmedlet och kemiska reaktioner bildas nämligen en silikonharts. De produkter som appliceras på väggen har dock mycket olika utseende och egenskaper. De vanligaste silikontyperna är silikonat, silan, oligomer siloxan, polymer siloxan och silikonharts.

Silikonat

Silikonat är det äldsta preparatet för vattenavvisande fasadimpregnering. Det introducerades i början av 1950-talet på den tyska marknaden. Silikonat är mycket alkaliskt och späds med vatten eller alkohol.

Silikonat består av små enskilda molekyler med molekylvikten 125 - 250 och har god inträngningsförmåga även i finporösa material.

För att silikonatmolekylerna skall kunna reagera och bilda silikonharts krävs tillgång till luftens koldioxid. Den kemiska reaktionen sker alltid från ytan och inåt och kan ta lång tid. Vid reaktionen binds silikonatmolekylerna både till varandra och till porväggarna. Under reaktionen bildas även kalium- respektive natriumkarbonat. Dessa biprodukter kan ge en mer eller mindre synlig utfällning på ytan. Speciellt känslig i detta avseende är natriumsilikonat, eftersom biprodukten (Na_2CO_3) kan binda stora mängder vatten.

Silikonharts

För att bland annat eliminera risken för störande utfällningar från silikonater introducerades i slutet av 1950-talet en färdig silikonharts upplöst i lacknafta. Silikonharts-molekylerna är väsentligt större än silikonatmolekylerna, men samtidigt väsentligt mindre än traditionella polymerer. Molekylvikten är i storleksordningen 2 000 - 3 000.

Eftersom molekylerna är relativt små är inträngningsförmågan god i flertalet material. I mycket finporösa material, t ex betong, är dock inträngningsförmågan dålig. Vidare måste väggen vara torr för att silikonhartserna skall kunna tränga in.

Silikonharts är fullt verksam när lösningsmedlet har avdunstat. Reaktionen mellan enskilda molekyler och med porväggarna fortsätter efter det att lösnings-

medlet har avdunstat, varvid molekyllstorleken ökar samtidigt som molekyllerna binds till porväggarna.

Silan

Strävan att erhålla ett preparat utan att störande utfällningar (silikonat) och med bättre inträngningsförmåga än silikonharts ledde fram till att silaner och siloxaner introducerades i början på 1970-talet.

Silan består av mycket små molekyler med molekyllvikten 125 - 250 och är i storleksordningen 10 Å (0.001 µm), vilket medför en mycket god inträngningsförmåga i alla byggnadsmaterial. Vidare ställer silaner inga krav på att underlaget skall vara helt torrt.

Silan kan spädas med både lacknafta och alkohol. Den vattenavvisande effekten anses dock bli bättre med lacknafta som lösningsmedel.

Silanmolekyllerna reagerar i väggen med vatten och bildar slutprodukten silikonharts. Härvid avspaltas alkohol, som avdunstar tillsammans med lösningsmedlet. Under reaktionen binds de enskilda silanmolekyllerna till varandra och till porväggarna. Den kemiska reaktionen tar en viss tid, vilken varierar beroende på rådande förhållanden. En grundförutsättning för den kemiska reaktionen är en viss mängd fukt. Vidare krävs en katalysator. I alkaliska material fungerar alkaliteten som katalysator. Vid applicering på neutrala underlag, t ex sten, krävs tillsats av en aktiv katalysator.

Silanens ringa molekyllstorlek medför att den är lättflyktig. Speciellt vid varmt och torrt klimat kan en kraftig avdunstning ske innan silanen hinner övergå till silikonharts. En annan nackdel med silan är att den vattenavvisande effekten inte utbildas direkt. Detta medför att ett kraftigt slagregn på en nybehandlad fasad kan förstöra den vattenavvisande effekten.

Oligomer siloxan

Genom att tillsätta en liten mängd vatten till silan startar reaktionen mellan silanmolekyllerna och oligomer siloxan bildas. Resultatet blir en något större molekyll än silan, men fortfarande väsentligt mindre än silikonharts. Molekyllvikten är i storleksordningen 400 - 600.

En oligomer siloxan kan ses som en kompromiss mellan silan och silikonharts, där deras respektive fördelar tas till vara. Den oligomera siloxanen får god inträngning, kan appliceras på fuktiga underlag, kan spädas med både lacknafta

och alkohol samt har mindre avdunstningsbenägenhet än silan. Genom olika tillsatser kan siloxan även utbilda sina vattenavvisande egenskaper relativt snabbt, efter cirka 4 - 5 timmar.

Polymer siloxan

Genom att tillsätta ytterligare vatten till silan erhålles längre siloxankedjor, polymer siloxan. Vid reaktionen i väggen ökar storleken ytterligare samtidigt som molekylerna binds till porväggarna.

På grund av de långa molekylkedjorna blir inträngningsförmågan sämre än för silan och oligomer siloxan. Polymer siloxan påminner mer om silikonharts. En nackdel gentemot silikonharts är dock att om den kemiska reaktionen i väggen av någon anledning fördröjs (till exempel beroende på att det är för torrt) kan ytan förbli klibbig under lång tid.

4.3 Olika radikaler och deras egenskaper

Den vattenavvisande effekten erhålles av de alkylgrupper som är kopplade till kisel-syrekedjan. Ursprungligen användes i huvudsak alkylgruppen $-\text{CH}_3$ (metylgrupp). Denna fungerar bra på neutrala underlag, men har dålig alkali-beständighet.

Med de långa alkylgrupper som började användas på 1970-talet erhålles en mycket alkalibeständig produkt. Som exempel på sådana alkylgrupper kan nämnas $-\text{C}_4\text{H}_9$ (isobutyl) och $-\text{C}_8\text{H}_{17}$ (isooktyl).

Generellt ger längre alkylgrupper ökande alkalibeständighet och minskande flyktighet under appliceringen. Samtidigt blir även penetrationsförmågan något sämre. Det senare torde dock vara av mindre betydelse. Silikontypen har större betydelse i detta sammanhang. Observera att silikontypen inte har någon inverkan på alkalibeständigheten. Den bestäms enbart av alkylgruppen.

De vanligaste alkylgrupperna är:

$-\text{CH}_3$	metyl
$-\text{C}_2\text{H}_5$	etyl
$-\text{C}_3\text{H}_7$	propyl
$-\text{C}_4\text{H}_9$	(iso)butyl
$-\text{C}_8\text{H}_{17}$	(iso)oktyl

Förutom de aktiva alkylgrupperna finns även ett antal alkoxygrupper i de olika silikontyperna. Dessa är normalt $\text{CH}_3\text{O}-$ (metoxy) eller $\text{C}_2\text{H}_5\text{O}-$ (etoxy) och ombildas till alkohol under den kemiska reaktionen. Metoxygruppen ger en väsentligt snabbare reaktion i väggen och är den vanligast förekommande i alla preparat. En nackdel med metoxygruppen är att den bildar metanol (giftig) vid den kemiska reaktionen.

4.4 Egenskaper hos kombinationen silikontyp-alkylgrupp

De olika silikontyperna och radikalerna kan kombineras på en mängd olika sätt. Varje kombination får sina speciella egenskaper, både för- och nackdelar. Detta gör det möjligt att "skräddarsy" produkter som passar i olika situationer. I sammanställningen på nästa sida redovisas hur olika egenskaper kan påverkas genom att välja olika silikontyper respektive radikaler.

Allmän benämning	SILIKONAT			Nackdelar
Exempel på kemiskt namn	Kalium-metyl-silikonat	Kalium-propyl-silikonat	Natrium-pentyl-silikonat	- Starkt alkaliskt, etsande - Kräver koldioxid vid härdningen - Bildar karbonat vid härdning (risk för utfällningar) - Tål ej alkaliskt underlag - Underlaget måste torka innan härdning kan ske

Allmän benämning	SILAN			Nackdelar
Exempel på kemiskt namn	Metyl-trimetoxy-silan	Etyl-trimetoxy-silan	Propyl-trimetoxy-silan	- Avspaltar metanol (giftig) - Ingen omedelbar vattenavvisande effekt - Avdunstar lätt innan den reagerar kemiskt - Kräver viss fuktighet i underlaget

Allmän benämning	SILOXAN			Nackdelar
Exempel på kemiskt namn	Metyl-trimetoxy-trisiloxan	Propyl-trimetoxy-trisiloxan	Iso-oktyl-trimetoxy-heptasiloxan	- Avspaltar metanol (giftig) - Ingen omedelbar vattenavvisande effekt - Risk för viss avdunstning innan den reagerar kemiskt - Kräver viss fuktighet i underlaget

Allmän benämning	SILIKONHARTS			Nackdelar
Exempel på kemiskt namn	Poly-dimetyl-siloxan	Poly-propyl-siloxan	Poly-hexyl-siloxan	- Kräver torrt underlag - Kräver kraftigt sugande underlag - Begränsat inträngningsdjup

Ökande löslighet i vatten/alkohol ----->
 Ökande inträngningsdjup ----->
 Ökande avdunstningshastighet ----->
 Ökande tid innan vattenavvisande effekt uppnås ----->

---- Ökande alkalibeständighet ----->
 ---- Ökande vattenavvisande effekt ----->
 ---- Minskande löslighet i vatten/alkohol ---->
 ---- Minskande avdunstningshastighet ----->
 ---- Minskande reaktionshastighet ----->
 ---- Minskande inträngningsdjup ----->

5 KRAV PÅ IMPREGNERINGEN

Syftet med en vattenavvisande impregnering är att eliminera eller minska vattenupptagningen samtidigt som impregneringen inte skall synas eller påverka ånggenomsläppligheten. För att kunna uppfylla dessa syften måste ett antal grundläggande krav ställas på impregneringen. Vissa av dessa krav måste alltid uppfyllas, medan andra har karaktären av specialkrav i vissa situationer eller allmänna önskemål. Gränsen mellan de olika kraven är ibland flytande. I vissa fall kan man till exempel tillåta en viss missfärgning, medan det i andra fall är ett grundläggande krav att impregneringen inte får synas.

I det följande diskuteras de väsentligaste kraven och önskemålen på en impregnering. Någon definitiv uppdelning mellan krav och önskemål görs inte. Ordningsföljden är dock sådan att de första kraven alltid måste vara uppfyllda för att impregneringen överhuvudtaget skall fungera ur rent teknisk synvinkel. De sista kraven har däremot karaktären av önskemål i vissa situationer. Vissa av de angivna kraven/önskemålen kan förefalla elementära och självklara. Erfarenheten har dock visat att det är befogat med ett omnämnande. De som använder vattenavvisande preparat bör alltid framföra sina krav och önskemål till leverantören och kräva entydiga svar och eventuella restriktioner vid användningen.

En god vattenavvisande förmåga är det mest elementära kravet. Ofta nämns som krav att kapillärsugningen skall reduceras med minst 70 %. För enskilda och felfria material är detta normalt inget problem. I praktiken har inverkan av sprickor och lokala vattenövertryck större betydelse. (Detta diskuteras på annan plats.)

En hög ånggenomsläpplighet hos det impregnerade materialet är nödvändig för att den fukt som finns i materialet skall kunna torka ut. Studerar man enbart den renodlade ångtransporten är normalt inverkan av en impregnering försumbar. Studerar man det totala uttorkningsförloppet av en blöt vägg blir inverkan av impregneringen stor. Detta används ibland som ett argument mot vattenavvisande impregneringar. Ett sådant resonemang är dock tveksamt, eftersom man inte samtidigt tar hänsyn till den minskade vattenupptagningen vid regn. I de fall vatten tillförs "bakvägen" är argumentet riktigt.

En god inträngning i underlaget är nödvändig av flera skäl. Om preparatet inte tränger in, utan enbart lägger sig på ytan, kan man få en filmbildning som täpper porerna, vilket i sin tur minskar ånggenomsläppligheten. Vidare kan preparatet bilda ett mer eller mindre synligt skikt på ytan. En god inträngning är även en säkerhet i samband med lokala ytskador och ytvittring. Om ytan av någon anledning förstörs, finns ju då ytterligare aktivt preparat innanför. Som riktmärke på erforderligt inträngningsdjup nämns ofta 3 - 5 mm. För betong måste man normalt acceptera mindre inträngningsdjup.

Ibland framförs argumentet att man skall ha så litet inträngningsdjup som möjligt. Bland annat hänvisas till att väggens uttorkning försämras kraftigt med ökande inträngningsdjup. Detta är dock inte hela sanningen! Inträngningsdjupets inverkan på uttorkningen är normalt av underordnad betydelse. Ett för litet inträngningsdjup medför däremot alltid en stor risk. Vid mycket höga fukttillstånd har dock inträngningsdjupet betydelse för uttorkningen.

Inträngningsförmågan avgörs av en kombination av flera faktorer. Underlagets absorptionsförmåga (vilken i sin tur bestäms av porstruktur och fukttinnehåll), det vattenavvisande preparatets molekyelstorlek samt applicerad mängd är de väsentligaste faktorerna. Alla dessa faktorer måste beaktas samtidigt.

Lång livslängd är ett självklart krav i de flesta situationer. Detta krav är starkt förknippat med föregående krav på tillräckligt inträngningsdjup samt med vissa av de följande kraven. För att erhålla lång livslängd måste preparaten i allmänhet ha god beständighet mot luftföroreningar och olika salter. De flesta preparat som finns på marknaden har god långtidsbeständighet. (Jämför dock alkalibeständigheten i det följande)

God alkalibeständighet är ett elementärt krav vid impregnering av bland annat betong, puts- och murbruk. Alla preparat med långa alkylgrupper har god alkalibeständighet. Observera att god alkalibeständighet även är ett krav på nya eller nyligen omfogade tegelfasader, eftersom fogarna är alkaliska.

En kemisk bindning till underlaget är önskvärd med hänsyn till kravet på lång livslängd. Finns ingen kemisk förankring till underlaget föreligger alltid en viss risk för "urlakning" av impregneringen. Den kemiska bindningen förutsätter att det finns hydroxylgrupper på porväggarna i underlaget. Detta är uppfyllt för de flesta mineraliska material, dock inte för kalksten.

En snabb vattenavvisande effekt är en fördel ur rent arbetsteknisk synvinkel. Fasaden bör nämligen icke utsättas för slagregn innan tillräckligt vattenavvisande effekt utvecklats. För silaner kan detta ta upp till något dygn. En silikonharts är däremot tillräckligt effektiv efter några timmar.

En klubbfri och smutsavvisande yta är i fasadsammanhang ett mycket starkt krav. Detta krav medför att preparaten skall ha en snabb kemisk reaktion och att överskottsmaterial på ytan skall undvikas.

Osynlig impregnering är normalt ett krav för fasader. Kravet innebär att det varken får förekomma missfärgningar eller glansig yta. Kravet på att ingen missfärgning får förekomma utesluter till stor del silikonater. Kravet på att ytan inte får bli blank medför att allt preparat måste sugas in i underlaget. Till viss del kan överskottsmaterial på ytan lösas upp med aktuellt lösningsmedel, innan det reagerat kemiskt, och därefter sugas in i underlaget. För att impregneringen skall bli osynlig måste stora krav ställas på arbetsutförandet.

UV-beständighet framförs ibland som ett starkt krav. Detta torde dock vara av underordnad betydelse, eftersom UV-angrepp endast sker på ytan. Impregneringen längre in påverkas inte av UV-strålning.

Vattenavstötande yta (pärl effekt) används ofta som ett tecken på god effektivitet hos impregneringen. Detta är dock helt fel! Pärl effekten är endast ett yt-fenomen och finns inte hos alla preparat eller kan försvinna efter en tid. En yta som i början uppvisar god pärl effekt kan mycket väl efter en yttre påverkan bli kraftigt sugande. Det avgörande för impregneringens effektivitet är det vatten som sugas in i underlaget och för detta är det den vattenavvisande förmågan på porväggarna inne i materialet som är avgörande. Pärl effekten hos silan kan bli relativt dålig, men trots detta är vattenavvisningen god. Silikonhartser ger å andra sidan både god pärl effekt och god vattenavvisning. Efter en tid kan dock pärl effekten försvinna på grund av nedsmutsning eller nedbrytning av den yttre tiondels millimetern. En fasadtvätt kan i detta fall återskapa pärl effekten.

Balanserad spädning av preparaten är nödvändig för att funktionen skall bli den avsedda. För kraftig utspädning medför att man får för lite aktivt material, vilket försämrar den vattenavvisande effekten. För vissa material kan å andra sidan en för liten spädning medföra att det aktiva materialet ansamlas på ytan och ger en viss förtätning. Samtidigt blir då inträngningsdjupet litet.

Användbarhet på blött underlag är ofta en nödvändighet. Vissa preparat uppfyller detta i mycket hög grad medan andra inte fungerar alls om underlaget är blött.

Övermålbart är en grundförutsättning i vissa fall. Alla impregneringar medför vissa restriktioner med avseende på detta. Vissa färgtyper är dock användbara på de flesta impregneringar.

6 OLIKA PRODUKTERS ANVÄNDNINGSSOMRÅDE

6.1 Allmänt

I avsnitt 4 beskrevs olika silikontyper främst ur kemisk synvinkel. I detta avsnitt beskrivs de vanligast förekommande produkterna ur en mer praktisk användarsynvinkel. En viss upprepning är dock oundviklig. Med avsikten att i detalj beskriva den svenska marknaden gjordes en informationssökning av Byggdok över alla tillverkare/leverantörer av fasadimpregneringsprodukter i Sverige. Dessa tillskrevs med en begäran om fullständig information om sina produkter och användningsområden. En sammanställning av detta redovisas i BILAGA. Det skall betonas att alla inte svarade och att informationen från vissa var bristfällig. I den mån tillräcklig information redovisades har respektive produkt inplacerats i olika huvudgrupper.

6.2 Silikonat

Silikonat är löslig i vatten eller alkohol och är starkt alkalisk. Omedelbart efter appliceringen börjar den kemiska reaktionen genom att koldioxid tas upp från luften och silikonat omvandlas till silikonharts. Reaktionen tar relativt lång tid, även under gynnsamma förhållanden och för att undvika urlakning av det aktiva preparatet bör väggen skyddas mot nederbörd. Under reaktionen avspaltas kalium- eller natriumkarbonat. Eftersom dessa karbonater kan ge störande utfällningar på fasaden används numera knappast dessa produkter till fasadimpregnering.

Det huvudsakliga användningsområdet för silikonater är fabriksmässig impregnering av olika produkter där mindre krav ställs på utseendet. Vidare används silikonat till injicering mot uppstigande markfukt i murverk. Även detta användningsområde är dock tveksamt eftersom det krävs tillgång till koldioxid, vilket i sin tur förutsätter att väggen är någorlunda torr vid injiceringen.

6.3 Silan

Silan består av mycket små molekyler och har god inträngningsförmåga i de flesta material. För att silan skall reagera kemiskt och övergå i silikonharts krävs en viss mängd fukt i underlaget. (Det får dock inte vara vattenmättat.) Vidare krävs en viss alkalitet hos underlaget.

De rena silanerna används i huvudsak till att impregnera betongytor. Beträffande lämplig torrhalt finns olika filosofier. Vissa producenter föredrar 100-procentig silan medan andra rekommenderar spädning till 20 - 40 %. På kraftigt sugande

underlag, till exempel tegel, späds normalt silaner till 10-procentig lösning. Som lösningsmedel används normalt lacknafta eller alkohol.

En nackdel med silan är att den vattenavvisande effekten inte inträder förrän efter något dygn. Ytorna bör därför skyddas mot regn det första dygnet efter impregneringen.

Den synliga "pärl effekten" är relativt dålig hos silaner. Detta har dock ingen betydelse för funktionen.

6.4 Siloxan

Siloxanmolekylen är större än silanmolekylen, men är ändå tillräckligt liten för att ge god inträngning. Siloxan kräver liksom silan en viss fuktighet hos underlaget. Några krav på alkalitet hos underlaget finns dock normalt inte, eftersom en katalysator tillsätts.

Oligomera siloxaner är användbara på de flesta material och kan ses som en kompromiss mellan silan och silikonharts. Siloxan späds normalt med lacknafta till 6 - 8-procentig lösning. Även alkohol kan användas som lösningsmedel.

6.5 Silan-siloxanblandning

Ett vanligt preparat på marknaden är en blandning av silan och siloxan i 5 - 10-procentig lösning. Lösningsmedlet är normalt lacknafta, men även alkohol är användbart. Genom att man här kan utnyttja alla fördelar hos respektive silikontyp är blandningen användbar i de flesta situationer. Silanen ger mycket god inträngning medan siloxanen ger en god "pärl effekt" på ytan.

6.6 Silikonharts

Silikonharts består av relativt stora molekyler lösta till 5-procentig lösning i lacknafta. De stora molekylerna medför ett begränsat inträngningsdjup i finporösa material, till exempel betong. I torra och grovporösa material, till exempel normalt tegel, är inträngningsförmågan däremot relativt god.

En stor fördel med silikonharts är att den vattenavvisande effekten inträder direkt när lösningsmedlet avdunstar.

Förutom att den stora molekylstorleken medför en begränsad inträngning, finns det även risk för att man får ett överskott av preparat i ytan, vilket vid flödig applicering kan ge en viss förtätning och klubbighet.

Vid användandet av silikonharts måste underlaget vara "lufttorrt".

6.7 Mikroemulsion

Ur miljösynpunkt har på senare tid forskningen inriktats på att utveckla vattenbaserade produkter.

Den senaste utvecklingen inom branschen är baserad på mikroemulsioner utgående från silan och siloxan. De första kommersiella produkterna kom på marknaden i början av 1990-talet.

Principen för detta koncept är att lösningsmedelsfria lågviskösa Silikon-Mikroemulsion-Koncentrat (SMK) blandas med vatten direkt innan användandet. Härvid bildas spontant en finmolekylär mikroemulsion. Storleken på partiklarna är i storleksordningen 100 - 800 Å (0.01 - 0.08 µm).

Omedelbart efter blandningen med vatten startar en kemisk reaktion, vilket medför att den blandade produkten måste användas inom en viss tid. Normalt rekommenderas att produkten används inom ett dygn.

Förutom till fasadimpregnering kan SMK användas till injicering mot uppstigande markfukt, även i relativt blöta väggar. En stor fördel med SMK är avsaknaden av lösningsmedel.

På marknaden finns även vanliga emulsioner av silikonprodukter. Dessa har dock relativt stora molekyler och därmed sämre inträngningsförmåga. I övrigt är principen densamma.

7 FASADIMPREGNERING I PRAKTIKEN

För att en fasadimpregnering skall få avsedd effekt måste ett antal faktorer analyseras i varje enskilt fall. Detta ställer självklart krav på att den som ansvarar för impregneringen har goda kunskaper om olika preparat och deras begränsningar och specifika förutsättningar. Detta är för övrigt inte unikt för fasadimpregnering utan gäller i de flesta sammanhang, till exempel vid målning och putsning av fasader. Grundläggande i detta sammanhang är att tillverkarens anvisningar följs i detalj. Att utgå från anvisningarna till en viss produkt och tillämpa dessa på en annan produkt är självklart felaktigt. Tyvärr förekommer dock detta i praktiken!

För att peka på olika faktorer som måste beaktas, redovisas i det följande huvudriktlinjerna vid genomförandet av en impregnering, från den första bedömningen om det överhuvudtaget finns några förutsättningar för en lyckad impregnering till "överlämnandet" av den färdiga fasaden.

7.1 Bedömning av förutsättningarna för impregneringen

En korrekt bedömning av fasadens tillstånd är helt avgörande för impregneringens genomförande. Finns det överhuvudtaget några förutsättningar för att impregneringen skall fungera? Måste några speciella åtgärder vidtas innan impregneringen kan genomföras?

Förekomst av sprickor, frostsador och andra direkta skador måste klarläggas i detalj. *Sprickor* måste bedömas både med avseende på bredd och djup. Ytsprickor (krackelering eller dylikt) är helt ofarliga. För djupa eller genomgående sprickor är bredden avgörande för om de kan accepteras. En bredd omkring 0.3 mm anses vara maximum. Bredare sprickor bör alltså repareras innan fasaden impregneras.

Frostskadade partier måste repareras innan impregneringen. Härvid måste även "latenta skador" repareras. En inte ovanlig situation är att ytan på en tegelsten eller fog ser bra ut, men att det längre in finns lamineringar eller andra svaghetszoner. Om en sådan yta impregneras riskerar man att den "latenta skadan" framträder senare. Detta kan då ge upphov till en accelererad skadeutveckling.

Fogarna i ett murverk måste vara välfyllda. Några håligheter får inte accepteras. Vidare måste fogbruket ha en rimlig hållfasthet. Det senare gäller även putser som skall impregneras. Putser kan i vissa fall ha en relativt hård yta medan hållfastheten längre in är obefintlig. Sådana putser bör inte impregneras!

Vattenavledande anordningar (till exempel vid fönster, tak och övergång mellan olika fasadpartier) måste fungera tillfredsställande. Efter en vattenavvisande

fasadimpregnering kommer vattenbelastningen på sådana detaljer att öka! Regnvatten måste oundvikligen ledas ut från fasaden.

I samband med äldre byggnader måste risken för *uppstigande markfukt* undersökas. Föreligger sådan risk bör fasaden inte impregneras innan åtgärder vidtagits för att stoppa markfuktens uppsugning.

Tidigare ytbehandlingar kan påverka resultatet i hög grad. Även om man avlägsnar tidigare ytbehandlingar, till exempel en organisk färg, finns alltid risk för att det lokalt finns rester kvar. Detta kan helt ödelägga den avsedda effekten.

Varierande sugning i ytan kan påverka inträngningsdjupet och förorsaka flammighet. På icke sugande ytor kan man få ett överskott av impregneringsmedlet, vilket kan resultera i en glansig yta. På sugande ytor kan man däremot riskera för lite impregneringsmedel, vilket medför för litet inträngningsdjup.

Förekomst av *smuts och saltutfällningar* måste beaktas vid planläggningen. Under alla omständigheter måste dessa avlägsnas innan impregneringen. Görs inte detta kan smuts och salt bindas hårt och i vissa fall ge en kraftig flammighet. Orsaken till eventuell förekomst av saltutfällningar måste fastställas, eftersom de kan tyda på att fukt kan tillföras bakifrån. Läckage eller uppstigande markfukt kan inte uteslutas, och måste i så fall elimineras.

Väggens *fukttillstånd* måste fastställas. En vattenmättad vägg går överhuvudtaget inte att impregnera. Väggens fukttillstånd är starkt årstidsberoende, vilket medför att man vid planläggningen måste ta hänsyn till lämplig appliceringstidpunkt. Vintern är normalt helt olämplig. Senvåren och sommaren är den ur fuktsynpunkt lämpligaste tidpunkten. Inverkan av väggens fukttillstånd kan delvis minskas genom val av preparat som kan appliceras på fuktiga underlag.

Ökad vattenbelastning nedtill är en naturlig konsekvens av impregneringen. Tål byggnad och mark detta? Socklar, källarväggar och dräneringssystem kommer att utsättas för mer vatten efter impregneringen!

Tidpunkten för impregneringen påverkas av flera faktorer. Tidigare har nämnts att tidpunkten bör väljas så att väggen är så torr som möjligt. Dessutom skall klimatet under själva appliceringen vara så gynnsamt som möjligt. Även i detta avseende är vintern direkt olämplig. Dessutom skall man undvika extrema situationer i form av regn, starkt solsken och blåst. Detta ställer krav på stor flexibilitet. Efter ett kraftigt slagregn måste man kanske vänta ett antal dygn innan impregneringen kan genomföras. Samma sak gäller vid en kraftig värmebölja med "evig sol". Tidpunkten kan även påverkas av andra faktorer. Ny betong bör till exempel få härda cirka en månad innan man impregnerar. Med hänsyn till alkaliteten i nya fogar i ett murverk bör även dessa få härda minst en vecka innan impregneringen.

I vissa svårbedömbara fall kan det finnas anledning att göra *provytor*. Syftet med dessa kan vara att uppskatta erforderlig mängd impregneringsmedel, inträngningsdjup, risk för missfärgning eller impregneringens effektivitet.

7.2 Val av preparat

För att kunna välja rätt preparat måste man kräva att leverantören redovisar sitt preparat med avseende på

silikontyp

alkylgrupp

lösningsmedel

Man skall inte nöja sig med svävande formuleringar i form av "vattenavvisande impregneringsvätska med god inträngningsförmåga och god alkalibeständighet". Preparat som inte innehållsdeklarerats bör undvikas!

Med hänsyn till utfällningsrisken med silikonatpreparat bör dessa i normala situationer undvikas.

På *alkaliska underlag* (betong, murfogar, puts och liknande) måste ett preparat med lång alkylgrupp användas, till exempel butyl eller oktyl. Den mycket korta metylgruppen har ingen alkalibeständighet.

På *finporösa material* (betong, vissa murfogar och många naturstenar) bör silikontypen vara silan, oligomer siloxan eller en blandning av dessa för att erhålla tillräckligt inträngningsdjup. På grovporösa material (många tegelsorter och de flesta putser) kan även produkter med större molekyler, till exempel silikonharts, användas.

Vill man ha en *snabb vattenavvisande effekt* bör en silikonharts väljas. Det samma gäller om en kraftig *pärleffekt* önskas.

Valet av preparat påverkas även av vilket *lösningsmedel* som kan accepteras. Generellt gäller att de icke vattenbaserade produkterna fungerar bäst med lacknafta. En del av dessa produkter fungerar dock tillfredsställande även med alkohol, vilket är en stor fördel ur miljösynpunkt. I vissa fall kan en del material, till exempel fogar och dylikt, angripas av lacknafta. Detta ställer då direkta krav på att alkohol måste användas. Generellt gäller självklart att vattenbaserade produkter bör användas när detta är möjligt. Utvecklingen av sådana produkter går för närvarande mycket snabbt.

Väggens fuktillstånd påverkar främst preparatets förmåga att tränga in i väggen och den kemiska reaktionen. I en blöt vägg har silikonharts mycket dålig inträng-

ningsförmåga. Silan, siloxan och mikroemulsion kan däremot tränga in i relativt blöta väggar och reagera kemiskt. Silikonat kan tränga in i blöta väggar, men någon kemisk reaktion kan däremot inte ske.

För att fastställa vilket preparat och koncentration som är lämpligast kan det ibland bli nödvändigt att utföra *provbehandlingar*. Härvid kan inträngningsdjup, erforderlig mängd och effektivitet studeras i detalj innan man behandlar en hel fasad.

7.3 Förarbeten

Med utgångspunkt från bedömningen enligt avsnitt 7.1 fastställs vilka förarbeten som är nödvändiga.

Skadade fasadpartier och dåliga fogar repareras omsorgsfullt. Ibland hävdas att det inte är så noga med detta eftersom fasaden ändå skall impregneras. Sådana resonemang är helt felaktiga! Alla frostsador och liknande måste åtgärdas innan impregneringen.

Sprickor bredare än 0.3 mm skall fyllas med lämpligt material. På tegelfasader kan tegelmjöl vara ett alternativ. Mycket breda sprickor skall dock rensas och fyllas med murbruk.

Bristfälliga plåtavtäckningar skall åtgärdas. Alla möjligheter för regnvatten att tränga in bakom impregneringen måste elimineras.

Smuts och saltutfällningar skall avlägsnas innan impregneringen.

Skyddstäckning skall ske av glas och andra känsliga material. Detta gäller även mark och växtlighet.

7.4 Applicering

En grundläggande förutsättning för att impregneringen skall fungera är att den får en tillräcklig inträngning i väggen. För att säkerställa detta måste appliceringen ske *flödigt* på ett yttorr underlag. Normalt krävs två appliceringar "vått i vått". Varje applicering skall vara så flödig att vätskan rinner 30 - 40 cm ner på fasaden. Alternativt kan man ha kravet att ytan skall ha en "vätskefilm" i 20 - 30 sekunder.

Appliceringen kan göras med spruta, roller eller pensel och görs lämpligen uppförifrån och nedåt. Spruta kan vara lämplig på stora ytor utan fönster eller liknande. Sprutningen skall göras med lågt tryck och skall ha karaktären av "spolning". Det skall inte vara fråga om "sprayning".

På fasadpartier med liten sugförmåga och i skarven mellan två appliceringsstråk kan ett överskott av preparat kvarstanna på ytan. För att undvika glans och flammighet måste detta avlägsnas innan det binds kemiskt till ytan. I allmänhet är det tillräckligt att applicera rent lösningsmedel på dessa partier. Överskottet löses då upp och sugas in i väggen. Är det fråga om fasadmateriäl med mycket liten sugförmåga kan det bli nödvändigt med en mekanisk avtorkning.

Eventuellt spill på känsliga material, till exempel glas, skall avlägsnas innan preparaten reagerat kemiskt.

Appliceringen måste göras under lämpliga väderleksbetingelser. Vid regn eller risk för regn skall arbetet uppskjutas. Solbelysta ytor skall inte behandlas. Detta kan lösas genom att "följa skuggan runt byggnaden". Vid blåst bör sprutning undvikas på grund av risken för att "preparatet blåser bort".

7.5 Övrigt

Används lösningsmedelsbaserade preparat får man i vissa fall räkna med att lukt från dessa tränger in i byggnaden. Denna lukt kan finnas kvar under lång tid, upp till någon vecka.

Är man osäker på resultatet kan det finnas anledning att prova den vattenavvisande effekten. Observera härvid att det inte är "pärl effekten" som är intressant utan förmågan att motstå vatteninträngning under en längre tid.

LITTERATUR

Brasholz, A, 1985, Hydrophobierung saugender Flächen. Die Mappe 3/85. Callwey-Verlag.

Grunau, E, 1967, Fassade und Wasserhaushalt der Wand. Rudolf Müller. Köln.

Noll, W, 1968, Chemistry and Technology of Silicones. Academic Press Inc. California.

Nägele, E, 1985, Hydrophobierung von Baustoffen - Theorie und Praxis. Bautenschutz und Bausanierung Nr 4-1985. Wissenschaftlich-Technischer Verlag. Zürich.

Roth, M, 1982, Siliconates - Silicone resins - Silanes - Siloxanes. Baugewerbe 2/82. Rudolf Müller GmbH. Köln.

Roth, M, 1982, Wie lange sind Siliconimprägnierungen haltbar? Das Deutsche Malerblatt 10/1982.

Roth, M, 1983, Zur Wirksamkeit und Haltbarkeit von Siliconimprägnierungen. Die Mappe 12/83. Callwey-Verlag.

Roth, M, 1987, Möglichkeiten zur Erhöhung der Eindringtiefe von Imprägniermitteln. Bautenschutz und Bausanierung Nr 4-1987. Rudolf Müller. Köln.

Rödter, K-M, 1977, Bautenschutz durch hydrophobierende Imprägnierung mit Silanen. Chemische Rundschau 22/77.

Rödter, K-M, 1987, Flüchtigkeit von Alkylsilan-Hydrophobiermitteln. Bautenschutz und Bausanierung Nr 4-1987. Rudolf Müller. Köln.

Wolter, H, 1989, Eigenschaften und Anwendungsgebiete von silicium-organischen Verbindungen bei der Hydrophobierung und Verfestigung von mineralischen Baustoffen. Bautenschutz und Bausanierung Nr 1-1989. Rudolf Müller. Köln.

BILAGA

Vattenavvisande fasadimpregneringspreparat i Sverige

I denna bilaga redovisas de i Sverige vanligast förekommande preparaten. Redovisningen görs både med avseende på tillverkare av utgångsprodukterna och leverantörer av de appliceringsfärdiga produkterna.

För att få med så många tillverkare/leverantörer som möjligt gjordes först en informationssökning över "vattenavvisande preparat på den svenska marknaden". Från denna lista utvaldes de preparat som avsåg fasadimpregnering och respektive tillverkare/leverantör tillskrevs med en förfrågan om fullständig produktinformation.

Redovisningen av de olika preparaten avser enbart de företag som svarade på förfrågan. Med utgångspunkt från erhållna svar har preparaten klassificerats med avseende på silikontyp, alkylgrupp och lösningsmedel.

Tillverkare

PRODUKTNAMN	Produkttyp	Alkylgrupp	Lösningsmedel
<u>Wacker-Chemie</u>			
WACKER 290	Oligomer siloxan	?	Lacknafta Alkohol
WACKER 1311	Mikroemulsion/ Silan/siloxan	?	Vatten
WACKER BS 44	Silan/siloxan	?	Lacknafta Alkohol
WACKER VP 1701	Silan/siloxan	?	----
WACKER VP 2101	Mikroemulsion/ Siloxan	?	Vatten
WACKER 2100	Mikroemulsion/ Siloxan	?	Vatten

Degussa

PROTECTOSIL 300E 340E	Silan/siloxan	Propyl	Etanol
PROTECTOSIL 800E 820E	Silan/siloxan	Oktyl	Etanol
WS 405	Emulsion/Silan	?	Vatten
WS 431	Emulsion/Silan	?	Vatten
WS 471	Emulsion/Silan	?	Vatten

Hüls

DYNASILAN BH	Silan	Isobutyl	----
DYNASILAN BHN	Silan	Isobutyl	----
DYNASILAN BSM 40N	Silan	Isobutyl	Etanol
DYNASILAN BSM 100W	Silan	Propyl	Vatten

Leverantör
PRODUKTNAMN

Produkttyp

Alkylgrupp

Lösningsmedel

Byggekemi i Nol AB

LASCOSIL 99	Oligomer siloxan	?	Isopropanol
-------------	------------------	---	-------------

Fuktteknik i Malmö

EMI-SEALER	Silikonharts	?	Lacknafta
------------	--------------	---	-----------

Götakemi AB

TREMCO FASADSKYDD	Acrylat	Butyl	Lacknafta
-------------------	---------	-------	-----------

Optiroc AB

FASADSKYDD	Silikonharts	?	Lacknafta
SCANSILAN	Silan	?	Lacknafta Etanol Vatten

Pelplast AB

SILIM 19LV	Silikonharts	?	Lacknafta
------------	--------------	---	-----------

Snöland AB

EVERDRY HYDROX	Siloxan	?	Lacknafta
EVERDRY STANDARD	Silikonat	?	Vatten

STO Skandinavia AB

STOCRYL HP	Silikonharts	?	Lacknafta
------------	--------------	---	-----------

TM Kemi AB

SLWR	Stearat	-	Lacknafta
------	---------	---	-----------

AB Universalfärg

DISBOXAN 450	Mikroemulsion/ Siloxan	?	Vatten
DISBOXAN 452	Siloxan	?	Lacknafta

Wettergrens Tak AB

RAINSEAL	"Silikon"	?	Lacknafta
----------	-----------	---	-----------

