



HÖGSKOLAN I BORÅS

INSTITUTIONEN INGENJÖRSHÖGSKOLAN

**FUKTFÖRHÅLLANDE MELLAN VÄGGAR SOM
BEHANDLATS MED KALKSTARK[®] OCH IMPREGNERAD
MED C2[®], ENDAST IMPREGNERAD MED C2[®], ELLER
OIMPREGNERAD**

**RELATIVE HUMIDITY BETWEEN WALLS THATS BEEN
TREATED WITH STRONGLIME[®] AND IMPREGNATED
WITH C2[®], ONLY IMPREGNATED WITH C2[®] OR NON-
IMPREGNATED**

ALAN HAMID

HOGER AKRAM

Alan Hamid
E-post: hamid_alan@hotmail.com, s072517@utb.hb.se
Tel: 0704- 82 89 08

Hoger Akram
E-post: hogerakram@hotmail.com, s073643@utb.hb.se
Tel: 0738-72 83 87

Kandidatuppsats examensarbete

Ämneskategori: Impregnering med C2[®] och injektering med Kalkstark[®]

Högskolan i Borås
Institutionen Ingenjörshögskolan
501 90 BORÅS
Telefon 033-435 4640

Examinator: Jan Isberg
Dag Henriksson

Handledare: Per Andersson

Företag: Älvstranden Utveckling AB
Götaverksg. 10
41755 GÖTEBORG

Datum: 2010-09-07

Nyckelord: Fukt, impregnering med Stenimpregnering C2[®] och injektering med Kalkstark[®].

Förord

Föreliggande examensarbete har utförts på initiativ av Älvstranden Utveckling AB, Högskolan i Borås och Nordisk stenimpregnering AB. Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Per Andersson på Älvstranden Utveckling AB utan vars hjälp hade detta projekt inte gått att genomföra samt till Thomas Klingvall vid Ellos i Borås för hans tid och hjälp med att besvara frågor angående hans examensarbete och tidigare utförda mätningar. Till mycket stor hjälp har både Dag Henriksson och Jan Isberg vid Ingenjörshögskolan varit som besvarat på alla frågor vi har haft.

Vi vill tacka Nsiab och Martin Svärd för deras kunskap och stora hjälpsamhet under hela projektet samt riktar ett stort tack för övriga inblandade är FC mureri som har utfört mycket bra jobb på Eriksbergskontoret. Vi vill även tacka Jimmy Eriksson på FC mureri för hans noggrann utförda arbete med att borra in mätkropparna.

Tackar även övrig personal som har varit vid mycket stort hjälp under mätningarnas gång.

Innehåll

Sammanfattning.....	1
abstract.....	1
1. Inledning.....	2
2. Fukt.....	3
2.1. Fukt i allmänhet.....	3,4
2.2. Försurning.....	5
2.2.1. Försurnings effekter.....	5
3. Fuktens påverkan.....	6
3.1. Fuktens påverkan på konstruktion.....	6
3.2. Fuktens påverkan på energi.....	7
3.3. Fukt, innerklimat och fasad.....	8
4. Fuktproblem och åtgärder.....	9
4.1. Fukttransport i material.....	9
4.2. Fuktproblem vid Scandic hotell i Borås.....	10
4.3. Fukt i grund.....	11
5. Stenimpregnering C2 [®] och Kalkstark [®]	12
5.1. Stenimpregnering C2 [®]	12
5.1.1. Stenimpregnering C2 [®] fasad & betong.....	12
5.1.2. Stenimpregnering C2 [®] instruktion.....	13
5.2 Kalkstark [®]	14
5.2.1. Allmänt om kalkstark [®]	14
5.2.2. Kalkstarks användningsområde.....	15
5.2.3. Olika produkter av kalkstark.....	16
6. Fuktmetrarna som användes.....	17
6.1. Fuktindikator Gann Hydrmette UNI1.....	17
6.2. Protimeter Timbermaster.....	18
6.3. Moisture indicator GMI 15.....	19
7. Mätningar på Ellos lagerbyggnad.....	20
7.1. Thomas Klingvall (examnesarbete Nr4/199 kap.7).....	20
7.2. Fuktmetringar mellan impregnerade samt oimpregnerade.....	21,22
8. Eriksbergskontoret.....	23
8.1. Bakgrund.....	23
8.2. Varför renoverades Eriksbergskontoret?.....	23
8.3. Temperatur mätningar.....	24
8.3.1. Tabeller och diagram på temperaturmätningarna.....	25,26
8.4. Mätutrusning som användes vid varje mätningstillfälle.....	27
8.5. Utföranden av mätningarna.....	28
85.1 Tabell och diagram över fuktmetningsresultaten.....	29
9. Problem vid utförande.....	30
10. Diskussion.....	30
Referenser.....	31
Bilaga.....	32 - 37

Sammanfattning.

I dagsläget är fuktskador ett problem som uppkommer vid både nybyggnationer och äldre byggnader. Detta beror på att vi inte har haft tillräkligt med kunskap om hur vi ska skydda våra byggnader. Genom att impregnera på rätt sätt och använda oss av rätt produkt kan skadorna minimeras betydligt därmed bespara oss skyhöga renoveringskostnader.

Att impregnera en vägg med stenimpregnering C2[®] är att förhindra fukt från att tränga sig in i väggen som i sin tur bevarar våra fasader i fint skick, ger en sundare innermiljö samt märkbara energibesparingar.

Förstärka våra byggnader med Kalkstark[®] som är en förstärkningsprodukt, används för att förstärka byggnadskonstruktioner genom att bevara murbrukets beständighet.

I detta examensarbete har vi också bevisat under två månaders mätningar hur en impregnerad fasad med stenimpregnering C2[®], stenimpregnering C2[®] & Kalkstark[®] samt hur en oimpregnerad fasad skiljer sig i fuktförhållandet.

Abstract

In the current situation moisture damage is a problem encountered in both new construction and older buildings. This is because we have not had enough knowledge of how to protect our buildings. By impregnate properly and make use of the right product can significantly minimize the damage thus and spare us exorbitant renovation costs.

To prevent moist from coming into the wall you can impregnate the walls with stone-impregnation C2[®] which keeps our façade in good condition, which leads to a more healthy environment and noticeable energy savings.

We strengthen our buildings by using Limestrong[®] which is a product used to strengthen the construction of the buildings by preserving the mortar resistance.

After two months of measurements we have proven how an impregnated wall with stone-impregnation C2[®], stone-impregnation C2[®] & Limestrong[®] and an unimpregnated wall distinguishes in moist environments.

1. Inledning

Under många år har flera arbeten gjorts med syfte för att bevisa att impregnerade ytterväggar har betydligt bättre vattenavvisande egenskaper. Vilket leder till ett sunt innerklimat, rena fasader och låg värmekonduktivitet. Genom ett låg värmekonduktivitet kommer att värmetransporten minska betydligt som i sin tur ger en bättre energibesparing som är ett eftersträvat fenomen.

De tidigare arbetena som har gjorts inom området har handlat mycket om olika kemiska sammansättningar för olika material, energibesparing samt inträngningsdjup m.m. Eftersom många av äldre och även nya byggen har drabbats av fuktskador så diskuteras det mer och mer om stenimpregnering. En vattenavvisande fasadimpregnering är ett impregneringsmedel som skyddar fasader och väggar från fukt samt förstärker bärande konstruktionsdelar av en byggnad. Impregneringen hindrar vatten från att tränga in i väggen samtidigt som den andas så att fukt kan lämna väggen.

Detta examensarbete fokuserar sig främst på fuktförhållandet mellan impregnerade och oimpregnerade ytterväggar. Genom mätningar på Eriksbergskontoret kommer det att färdigställas ett antal tabeller och diagram på båda fallen som i sin tur kommer att jämföras samt diskuteras.

Det kommer också ske ett återbesök på Ellos lagerbyggnad i Borås där man tar reda på om det impregnerade ytan fortfarande står emot fukt med tanke på tidens inverkan. Man kommer även ta upp fuktens påverkan på våra fasader samt vilka åtgärder man ska ta för att på bästa möjliga sätt förhindra korrosion och fuktskador. Det impregneringsmedlet som man i detta arbete fördjupar sig i är stenimpregneringen C2[®] som har utvecklats av Nordisk stenimpregnering AB. Förutom stenimpregnering C2[®] kommer man ta fram lite fakta om Kalkstark[®] som är väldigt framgångsrik inom mur förstärkning.

2. Fukt

2.1 Fukt i allmänhet

Begreppet fukt innebär att vatten finns i ett material eller i luften. Fukthalten eller fuktkvoten som är andelen fukt i ett material mäts oftast i kilogram vatten per kilogram torrsvikt och uttrycks oftast i procent. Fuktkvoten har en stor betydelse för såväl materialegenskaper som materialets beständighet.

Fukt existerar alltid i mer eller mindre grad i både uteluften och inneluften samt i material som har en förmåga att absorbera fukt.

När vi diskuterar fukt stöter vi på den relativa fuktigheten (RF) som är mängden vattenånga i en luftvolym.

Fukt kan komma åt en byggnadsdel på många olika sätt exempelvis genom nederbörd, kondensation av vattenånga i luften, uppsugning av markfukt och genom läckage. Dessutom kan byggmaterial som kommer i kontakt med vattenånga absorbera en viss vattenmängd. Vatten kan även tillföras under byggtiden s.k. byggfukt. Fukttillstånd för en byggnad bestäms av klimatförhållanden, konstruktiva utformningen och de material som ingår i byggnaden.

För att kunna dimensionera en byggnadskonstruktion och kunna bedöma i efterhand vad orsaken är till en fuktskada måste man känna till fuktkällor och ha kunskap om lämpliga beräkningsmetoder för fukttransport.

Relativ luftfuktighet $R\hat{A}$ betecknas φ eller skrivs som RF och anges i %.

”Relativ fuktighet är ett uttryck för hur hög ånghalten är jämfört med den maximalt möjliga vid luftens aktuella temperatur” (se diagram 2.1). (<http://www-v2.sp.se/energy/ffi/fukt.asp>, 2010)

$$\varphi = v/v_s$$

v är vikten av vattnet av volymenhet (kg/m^3).

v_s är mättnadsvärdet (kg/m^3) som är beroende av temperaturen.

([Fukt, inomhusmiljö, Ingmar Samuelson, 2010](#))

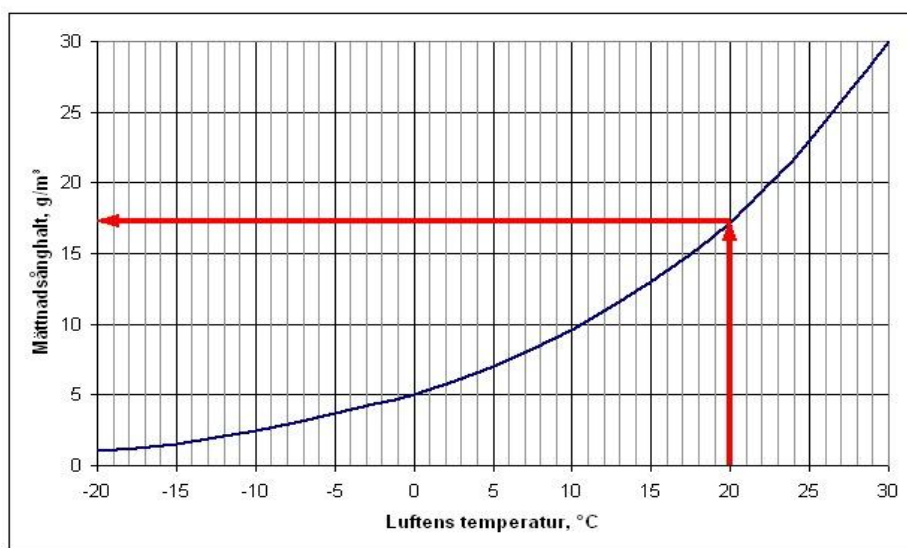


Diagram 2.1. RF är beroende av temp. (<http://www-v2.sp.se/energy/ffi/fukt.asp>, 2010)

Densitet

Anger materialets massa per volymenhet.

$$\rho = m/V \quad [\text{kg/m}^3]$$

Fukthalt

Anger mängden vatten i kg per m³ i materialet.

$$w = m_{\text{vatten}}/V_{\text{material}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

Fuktkvot

Anger förhållandet mellan massan vatten och massan torrt material.

$$u = m_{\text{vatten}}/m_{\text{torrt material}}$$

Fuktkvoten uttrycks ofta i %.

Mellan fukthalt och fuktkvot finns förhållandet.

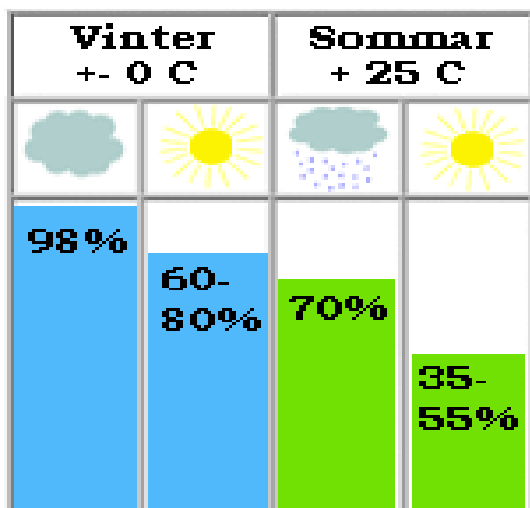
$$w = u \cdot \rho \quad [\text{kg/m}^3]$$

([Fukt, Handbok, Lars Erik Nevander & Bengt Elmarsson, 2006](#))

Relativa fuktigheten omkring oss varierar beroende på årstider. Vintertid har betydligt större relativ fuktighet p.g.a. temperaturen och den befintliga relativa fuktigheten kyls ned (*se figur 2.1*).

I dagsläget har vädret och vårt klimat bara blivit värre och detta påverkar mer eller mindre våra byggnader på ett negativt sätt genom korrosion i omfattande grad.

Relativ Fuktighet RF % av mättnad



Figur 2.1 vanliga mätresultat (sommar och vinter) (<http://www.lfs-web.se/fukt.htm>, 2010).

2.2 Försurning

Surt regn med pH värdet under (6-7) påverkar byggen genom kalkupplösning i ytterväggar, sten vittrar snabbare, armeringar rostas och det bildas fukt inne i väggen som i sin tur ger värmeförluster, sprickor på yttervägen m.m.

All förbränning ger kväveoxider NO_x (NO , NO_2) som omvandlas till HNO_3 (salpetersyra) i atmosfären genom en kemisk omvandling. Resultatet av det blir att nederbörden försuras och nitratjoner deponeras med regnet.

Svaveldioxid är också ett av de försurande ämnena, när levande organismer växer binds en viss mängd svavel in i deras celler. Detta gör att djur och växter som har dött sedan lång tid tillbaka omvandlats till fossila bränslen (stenkol & olja). Vid förbränning av kol och olja oxideras svavlet till SO_2 (svaveldioxid) därefter omvandlas det till H_2SO_4 (svavelsyra) i atmosfären som vilket leder till försurat regn.

Orsak till utsläpp av dessa ämnen är att vi använder oss ofta av bränsle såsom olja och kol. Utsläppen av SO_2 i Sverige har minskat med 80 % sedan 1960 talet genom man sprutar in en vattenlösning med kalk CaCO_3 (kalciumkarbonat) i rökgaserna då bildas det bildas gips (CaSO_4) som läggs på deponi därefter. Mycket av Sverige och övriga Europas arbete med att minska NO_x utsläpp, detta har visat ett bra resultat p.g.a. lagstiftning t.ex. NO_x avgifter betalas av större anläggningar. De som minskat sina utsläpp mest får tillbaka pengar t.ex. krav på avgasrening vid beslut om tillstånd för verksamheter exempel industrier samt lagar om maxhalt bensin/dieslavgaser i bilar. Utsläpp av NO_x som all transport och bilar släpper ut har minskat genom katalysator i bilarna där NO_x reduceras till N_2 .

Sverige i allmänhet är känslig mot försurningen och detta beror på att Sveriges berggrund består för det mesta av granit och gnejs som inte kan stå emot försurning. Dessa bergarter innehåller ingen kalk och kan därmed inte buffra dvs. att den inte kan motverka en pH förändring. Försurningen bidrar till att dessa mineraler vittrar långsamt och som sedan ger ifrån sig s.k. kationer (Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2}) som kan utföra jonbyte och detta ger fördröjer försurningen. Kalkberggrund står emot försurningen mycket bra, kalk karbonaten (CaCO_3) står emot försurningen och motverkar pH förändringen.

2.2.1 Försurnings effekter

pH-värdet i Sverige just nu ligger på 4,2–5,5 när det regnar beroende på vart man är i Sverige, detta innebär att det är surt regn som i sin tur ger dessa effekter.

- Material förstörs (metall rostas snabbare och sten vittrar snabbare ex. våra byggnader)
- Hälsoeffekter (luftrörs problem, rethosta)
- Vegetationen skadas (löv och barr får skador)
- Mark försuras (sämre tillväxt av vegetation, giftiga metaller frigörs bl.a. aluminium och kadmium joner, vissa närings ämnen lakas ut p.g.a. jonbyte i marken)
- När mark försuras riskerar vattendrag att försuras och grundvatten också.

[\(Miljöeffekter, Nils Brandt & Fredrik Gröndahl, 2005\)](#)

3. Fuktens påverkan

3.1 Fuktens påverkan på konstruktion

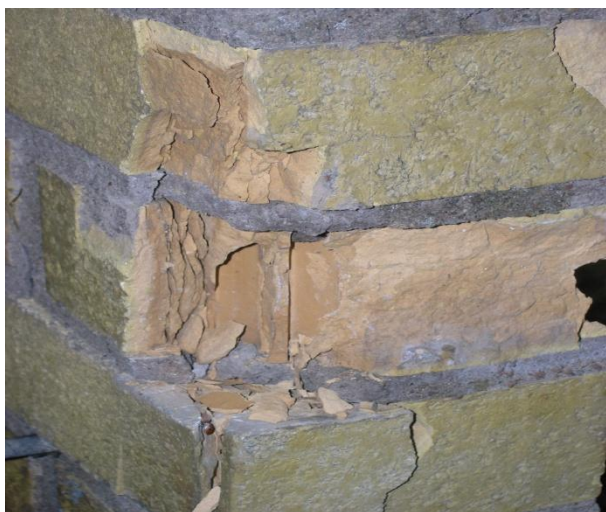
Fukten i ytterväggarna kan påverka byggnaden på många olika sätt och ett av dem är genom korrosion i armering och röta i bärande träkonstruktioner. Korroderade armeringar kan då inte längre fylla sin maximala kapacitet vilket i sin tur kan leda till ras på viss del av konstruktionen.

Ett annat sätt är genom korroderade armeringar i betongkonstruktion, där det uppstår rost som har en större volym än stål och detta leder till sprickor i betongen (*se figur 3.1*). Den här typen av korrosion sker genom att kloridjoner tränger in tillsammans med vatten och angriper armeringsstålet.

Fukten i ytterväggen kondenseras till vätska som i sin tur förs ner i konstruktionen p.g.a. jordens gravitation. Detta gör att konstruktionsdelen blir vätskemättad och vid låga temperaturer kan det uppkomma skador i form av frostsprängning. Frostsprängning är en benämning av vitring som uppstår när fukt/vätska fryses till is och expanderar och ger konstruktionen skador i form av sprickor (*se figur 3.2*).



Figur 3.1 rostiga armeringen bildat sprickor i betong. ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))



Figur 3.2 fukt skada. ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))

3.2 Fuktens påverkan på energi

Fukttinhåll i ytterväggar kan leda till hög värmekonduktivitet (värmeledningsförmåga) som i sin tur ger höga energikostnader, försämrar isoleringsförmågan betydligt jämfört med icke fuktpåverkade fasader. Detta beror på att fasaden suger in vatten och får därefter ett högt och ostabilt fukttinhåll. Detta tillstånd leder till att energin i huset går åt att värma väggens fukttinhåll. Det har utförts ett fullskaleexperiment där det visar att genom impregnering av en lättbetongvägg kan det befintliga värmeflödet minska med 40-45 % (se diagram 3.1) vilket medför en energibesparing på 5-10%.

(Nsiab. www.Kalkstark.se, 2010)

Beräkning av värmeflöde för en vägg.

$$Q = \lambda * ((T_1 - T_2)/d)$$

Q = värmeflödesdensitet (W/m²)

T₁ - T₂ = temperaturskillnaden (ute & inne) (K)

d = tjocklek på väggen eller provbiten (m)

λ = Värmekonduktivitet (W/m K) där λ är beroende av materialet och ju torrare desto lägre λ-värde.

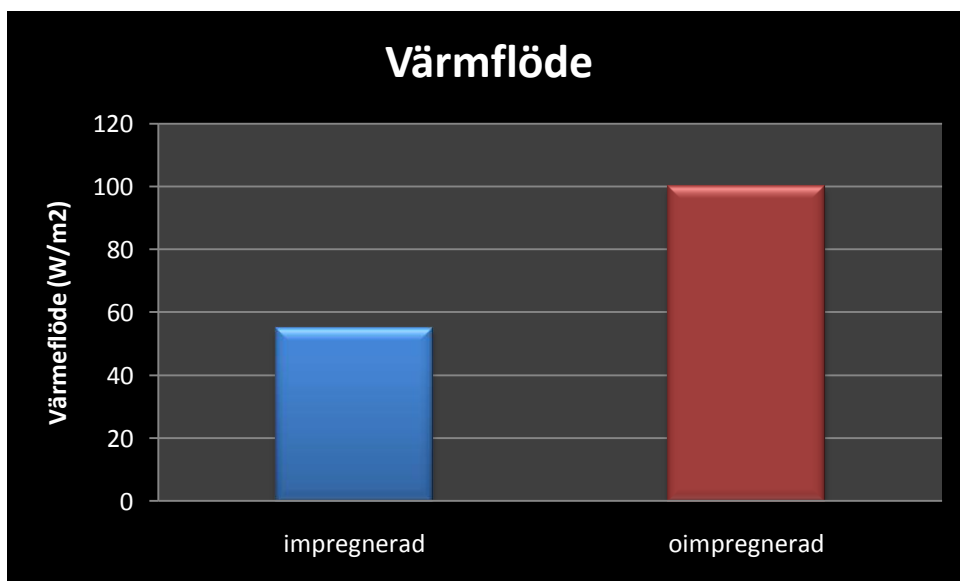


Diagram 3.1 värmeflöde mellan impregnerad och oimpregnerad vägg.

(Medelvärde på värmeflödet i [Thomas Klingvalls examensarbete](#), 1999)

3.3 Fukt, innerklimat och fasad

Fukt har också en tendens att bidra till dåligt lukt och till mikrobielltillväxt, vilket är en känd problematik. Mögeltillväxten kan ge upphov till sjukdomar såsom astma, irriterande slemhinnor i luftväggarna och i ögonen.

I en fuktig vägg kan mikroorganismer i form av alger, mossor och växter ha en nedbrytande påverkan på materialet som ger ytterfasaden ett angripet utseende (*se figur 3.3*). Tillväxten av mögelsporer vid rätta förutsättningar (fukt, näring och värme) kan öka kraftigt. Även om det bara är ett angripet område kommer luftcirkulationen att fördela mögelsporerna och dåliga lukten i hela huset. Mögeltillväxt kommer också att ändra ytterfasadens utseende på ett motbjudande sätt d.v.s. icke attraktiv utseende. De smutspartiklar som regn för med sig sugs in i materialets porer och bidrar till missfärgningar. Fasadens ursprungliga färg ändras även genom saltutfällning då det finns vattenlösliga salter i alla murverk. Dessa salter löses upp vid slagregn och när regnet avdunstar stannar saltet kvar på murverket (*se figur 3.4*).



Figur 3.3 murverk vars angripen av biologisk tillväxt. ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))



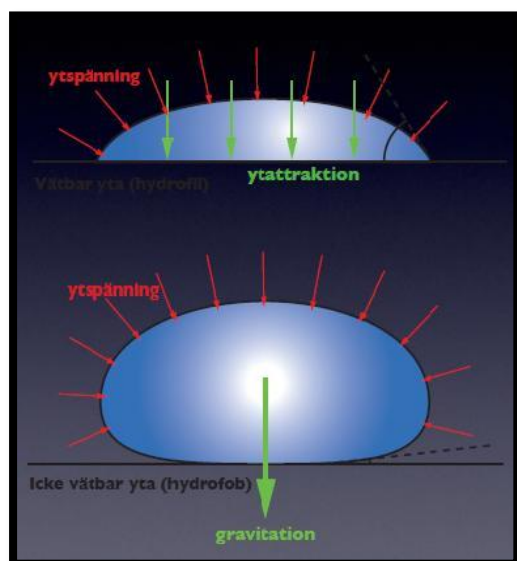
Fig. 3.4 saltutfällning i betongs under skulmur av tegel.
(http://www.nsiab.com/datablad/c2/C2_info_4sid.pdf, 2010)

4. Fuktproblem och åtgärder

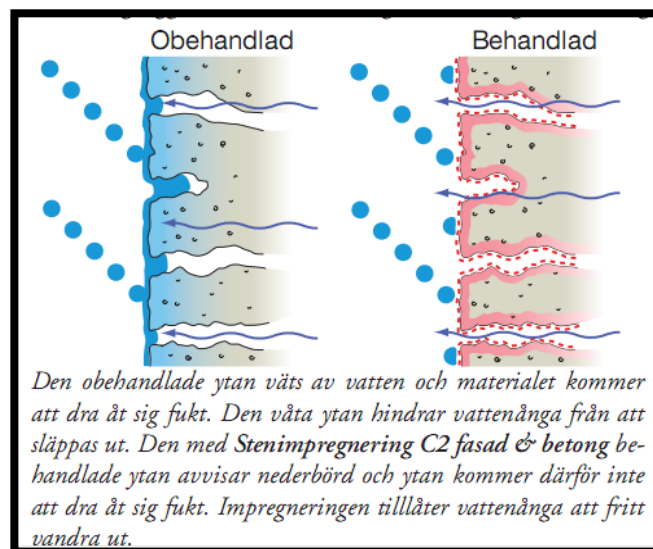
4.1 Fukttransport i material

Fukt kan tillföras i ett material på många olika sätt, ett av det vanligaste är nederbörd. Nederbörd kan påverka konstruktionen genom slagregn vilket är regn som drivs horisontellt av vinden. En stor del av fuktskadorna uppkommer genom slagregn och detta kan då förhindras genom hydrofobering d.v.s. vattenavvisande ytbehandling med syfte att förhindra kloridinträngning och ger en icke vätkbar yta. Ett exempel på en hydrofoberad yta ser ni i bilden nedan (se figur 4.1) där man tydligt ser hur de vattenavstötande molekylerna på den impregnerade ytan har icke fria hydroxylgrupper (-OH) som den oimpregnerade ytan. Detta medför att de fria hydroxylgruppernas väteatom binder till vattenmolekyler och därför kan vattnet väta denna yta, samt vattenmolekylen förlorar en viss del av sin ytspänning som gör att vattnet sprider sig på en större yta. De mest framgångsrika och tydlig hållbar produkt vi har stött på är stenimpregnering C2[®] som har en väldigt unik egenskap att förse ytterväggen med ett skyddande skikt samtidig som den låter väggen andas (se figur 4.2).

För mer utförligt produktinformation och hur stenimpregnering C2[®] fungerar kemiskt samt hur väggen skall behandlas (se kapitel 5).



Figur 4.1 ytspänning.



Figur 4.2 impregnerad och en oimpregnerad yta.

([Nordisk stenimpregnering AB, 2010](#))

([Nordisk stenimpregnering AB, 2010](#))

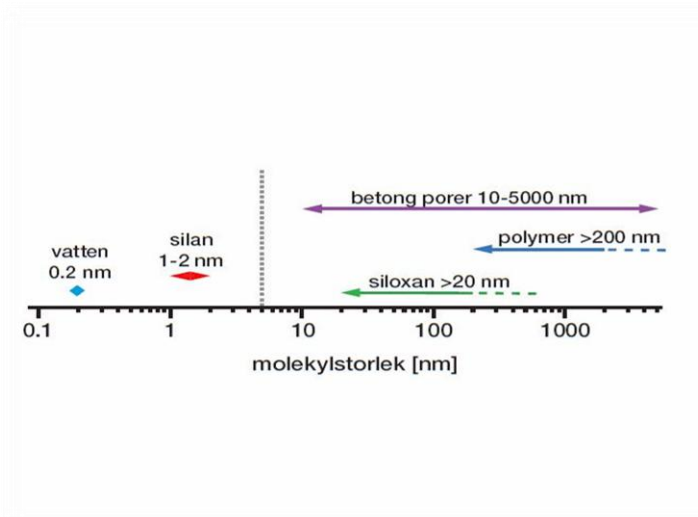
4.2 Fuktproblem vid Scandic hotell i Borås

Ett drabbat område är väggområdet där stupröret är fäst. Där är fuktkoncentration mot väggen väldigt hög för fuktskada. Detta kan ses tydligt på flera byggnader runt om i landet, ett bra ex. är baksidan på hotell Scandic i Borås (se figur 4.3) där ser man vita fläckar på fasaden. Detta kan vara saltutfällning om teglet inte är riktigt bränt.

Det skall också nämnas att denna fasad har behandlats med siloxan som är ett vattenavstötande medel med mycket dåliga resultat som ni ser nedan. Detta för att siloxan är en polymer av silaner och därmed en större molekyl som ej tränger in lika effektivt i små porer (se figur 4.4). Eftersom man inte har utfört noggranna undersökningar så kan det inte påstås om det är saltutfällning eller siloxaner som har lösts upp i väggen.



Figur 4.3 . utfällning av (salt eller siloxan). ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))



Figur 4.4 visar skillnaden i molekylstorlek mellan silan och siloxan. ([Johan Leckner /Kemikonsult, 2010](#))

4.3 Fukt i grund

Fukt i grund är också något som ej får glömmas, detta kan uppkomma dels genom grundvatten, och dels från nederbörd som skapar vattentryck för byggnader under grundvattenytan. Denna problematik kan även förekomma för byggnader ovan grundvattennivå, då vatten sugs upp från byggnadsdelar kapillärt till grundmur och källargolv vidare till ytterväggar och källartak. Detta är väldigt vanligt då byggdelarna i kontakt med mark har en sugkraft som är större än markens. Detta resulterar att luftfuktigheten blir hög och påverkar byggnaden genom röta, mögel, dåligt lukt och annat ohyra.

Det kapillärbundna vattnet i marken kan även ge upphov till diffusion från marken och upp till byggnaden genom att den påverkar ånghalten att eskalera till praktiskt taget 100 %. Denna diffusion leder till oönskad fukt i byggnaden och byggnadsdelarna.

När vatten tillförs marken uppifrån genom regn och snösmältning kan det då komma i kontakt med grundkonstruktionen genom tyngdkraftens inverkan. Beroende på maken genomsläplighet kan tillförseln av vatten vara olika. Detta bidrar då till ett högt vattentryck i maken och mot grundmurrar.

Dessa problem kan till en viss del dämpas genom att lägga ett kapillärbrytande skikt men för bästa möjliga lösning ska detta kombineras med stenimpregnerade ytterväggar. Detta för att även om man förhindrar den kapillära inverkan kommer man inte ifrån att ånghaltens inverkan på fasaden blir väldigt högt. Med stenimpregnering C2[®] skapar du ett fasad som ständigt andas d.v.s. de över flödiga ångan som ständigt förs in i byggmaterialet kommer inte att lagras och förbli i materialet utan förs ut tack vare Nordisk stenimpregnerings unika produkt.

([Fukt, innemiljö, Ingmar Samuelson, 2010](#))



Figur 4.5 fukt i grund.

(http://www.trygghetsvakten.se/blogg/wp-content/fuktig-grund2_1024.jpg, 2010)

5. Stenimpregnering C2[®] och Kalkstark[®]

5.1 Stenimpregnering C2[®]

5.1.1 Stenimpregnering C2[®] fasad & betong

Stenimpregnering C2[®] är ett kemisk anpassad medel som har många användningsområden inom byggsektorn.

Detta är ett vattenavvisande medel som används främst för tegelmurverk, mineralisk puts, flera naturstentyper, lättbetong mm. Medlet är byggt på en bas av silaner genom en kemisk reaktion som bildar en vattenavvisande yta. Den kemiska uppbyggnaden för Stenimpregnering C2[®] är special anpassad för fasader och konstruktioner som ger inträngningsdjup som krävs för långvarig skydd. Impregneringens aktiva komponent som består av en molekyl som tillhör familjen alkylalkoxysilanerna som kan kallas för silaner. Alkylalkoxysilanerna består av en kiselatom (Si) till vilken tre alkoxygrupper (-OR) och en alkyl-grupp är bunden (-R) (se figur 5.1). Innan behandling måste impregneringsmedlet anpassas för material som har används eller tänkas användas för att uppnå de bästa möjliga resultat. Detta tyder på att det finns optimal alkyl, alkoxygrupper och lösningsmedels kombination för varje användningsområde. När väggen behandlas med stenimpregnering C2[®] då kommer alkylalkoxysilanen att driva in i porerna, det vatten som finns i fasaden katalyserar en reaktion tillsammans med lågt pH detta resulterar att alkylgrupper sönderdelas under skapandet av en alkohol (ROH).

Silanerna börjar då polymerisera sig och binder kovalenta bindningar till hydroxylgrupper som sitter i porväggarna. När silanerna fäster sig med underlaget kommer den hydrofoba d.v.s. vattenavvisande alkylgruppen att komma ut från underlaget.

Impregnerade väggar med stenimpregnering C2[®] påverkas inte av UV-strålningar och har en hög alkalbeständighet som motverkar surt regn. Stenimpregnering C2[®] skyddar mot fukt samtidigt som den låter ångan vandra ut, skyddar konstruktioner från kemisk nedbrytning orsakade av svaveloxider (SO, SO₂ och SO₃), klorider samt stoppar biologisk påväxt.

(http://www.nsiab.com/kalkstark/kalkstark_teknologi.php, 2010)

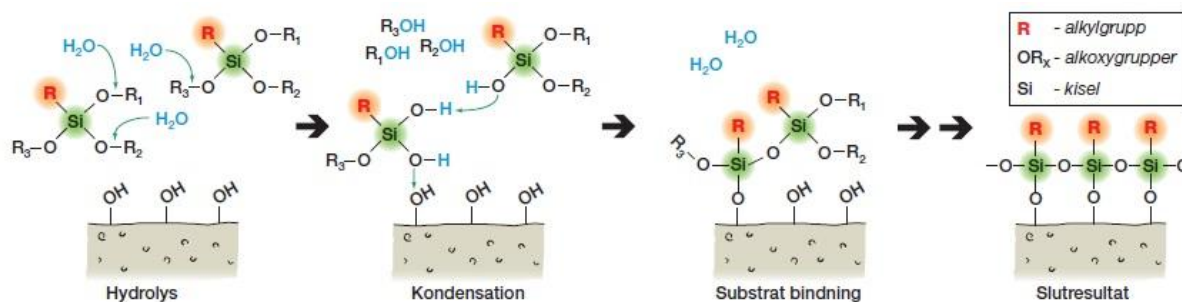


Fig. 5.1 kemiska reaktionen för en impregnerad vägg med stenimpregnering C2[®].
(http://www.nsiab.com/datablad/c2/C2_info_4sid.pdf, 2010)

5.1.2 Stenimpregnering C2[®] instruktion

För att uppnå bästa resultat och få en lyckad impregnering som varar måste vissa krav uppfyllas och ett noggsamt arbete utföras med rätt utrustning. Den yta som ska impregneras måste först rengöras ordentligt och det ska inte finnas något resterande av annat medel och orenhet. Innan impregnering måste man ta hänsyn till vilken typ av vägg det är man behandlar exempelvis medlet får ej användas på ytor som skall kalkas och konstruktionens vattenavringning ska fungera exempelvis att förhindra vatten läckage från stuprör och dyl. I början så ska en del av väggen provimpregneras för att kontrollera inträngningsdjupet och erforderlig mängd som behövs exempelvis en betongyta på 1 m² behöver man (0,25-1) liter beroende på väggens underlag. Vädret har också stor betydelse för när man ska utföra impregneringen det krävs en temperatur på 5-30 °C samt att man ska undvika nederbörd under impregneringen för att få en behandlingsbart (torrt yta) och 5 timmar efter impregneringen för bästa resultat.

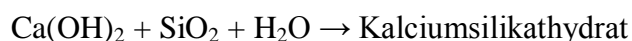
Impregneringen utförs med hjälp av en s.k. Lågtrycksspruta och bör ej göras med pensel eller roller. Denna behandling ska göras tills att en tjock film på 30-50 mm bildas på den vertikala ytan och på den horisontala ytan ska det se blank ut under 20-30 sekunder för att få rätt mängd av impregneringen. De delar av fasaden som ska undvikas av impregneringen såsom fönster och plåtbeslag mm måste skyddas samt alla appliceringsverktyg måste rengöras innan användning.

För expertishjälp och råd bör man kontakta Nordisk stenimpregnering AB.
(www.nsiab.com, 2010)

5.2 Kalkstark[®]

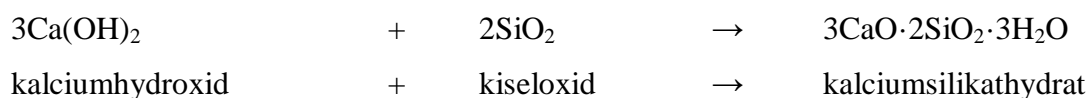
5.2.1 Allmänt om Kalkstark[®]

Kalkstark[®] är en vidareutveckling inom användandet av ämnet Puzzolan som brukats för att framställa kalk. Benämningen kommer från romartiden där de experimenterade med vulkanisk aska och att det visade sig vara reaktiv med avseende på bränd och släckt kalk. ”Puzzolan kan vara mald pimpsten, bränt tegel, flyg aska och kiselstoff”. Puzzolan är benämning på en reaktiv amorf kiseloxid. Ämnet har en förmåga att genom en kemiskreaktion binda till sig kalciumhydroxid och vatten därefter övergå till ämnet kalciumsilikathydrat.



”Kalk med puzzolan är en s.k. ”kall” reaktion mellan kalk och silikater och aluminater som dessutom direkt fungerar som ett bindemedel utan föregående bränning”.

Kalkstark[®] består bl.a. av kolloidala kiselpartiklar med en kornstorlek på 1-150 nm som aktiv ingrediens. Dessa aktiva kiselpartiklar reagerar med kalciumhydroxid som i sin tur bildar ett s.k. Nätverk av ämnet kalciumsilikathydrat-fiber och som i stort sätt olösligt i vatten. Detta ger då oss ett ämne som är vattenresistent.



Kalkstark[®] är huvudsakligen utvecklad för att förstärka murverk och andra byggen där man använt sig av kalk som material. Detta passar då bäst in på de historiska byggnaderna som byggts då kalken var revolutionerande och nytt material. Kalkstark[®] kan då användas för att återfå byggnadens tidigare hållfasthetsegenskaper men som även kan ge ett stabilare tillstånd. När det nedbrutna delen av byggen har behandlats med Kalkstark[®] kan det då få ett underlag där man kan behandla det med vanlig kalk igen. Det ska också nämnas att Kalkstark[®] är ganska poröst material detta gör då att genomsläppligheten av ånga inte stoppas dvs. att den behandlade ytan har tillgång till att andas samtidig som den skyddar mot fukt från att komma in. Kalkstark[®] som material är väldigt resistent mot lågt pH. Detta gör då att ytan inte kan påverkas av surt regn som bidrar till gipsning och uppkomsten av krutor som på de flesta obehandlade fasaderna. Kalkstark[®] skyddar också mot luftföroreningar att varken påverka murverket eller komma in i huset för att sedan bidra till sämre inomhusmiljö vilket är mycket eftersträvt och bra egenskap.

(<http://www.kalkstark.se/>, 2010)

5.2.2 Kalkstark[®] s användningsområde

Detta material kan användas för många olika ändamål så som att bidra med en skyddstäckning för kalksten, dolomitsten och marmor. Detta kan också brukas för att konsolidera porösa material som kalksten och sandsten. Kalkstark[®] kan även användas för att vara ett mellanliggande skikt för att kunna på bästa sätt färglägga betong, kalkbruk och tegelfasader samt för avsättning av kalksten.

Produkter med Kalkstark[®] -teknologi har tre nämnvärda egenskaper och dessa är:

1. Den har en hög portäthet vilket resulterar att de absorberar vatten mycket sämre än andra material. Detta gör att problem som är orsakad av vatten minimeras kraftigt såsom korrosionssprängning, frostsador, saltutfällning och biologisk påväxt.
2. Den har en tendens att härda snabbt vilket ger en snabb konstruktionsstabilitet på ett kort tid. Värmebildningen då det härdas är minimal, detta hindrar sprickbildningar i konstruktionen.
3. Produkter med Kalkstark[®] har en hög hållfastighet på grund av en självuttorkning som resulterar att dessa material kommer att innehålla mindre vatten. Ett ex. är då betong där ju mindre vattencemental desto högre hållfastighet.

(http://www.nsiab.com/kalkstark/kalkstark_teknologi.php, 2010)

5.2.3 Olika produkter av Kalkstark®

- Kalkstark® injektion, användningsområde för detta är att återstärka materialet, denna produkt brukas för mineraliska material som har förlorat sin ursprungliga hållfasthetsegenskap av miljön samt åldrande.
- Kalkstark® spackel, detta spackel härdar ut mycket snabbt utan att behöva en stor värmeutveckling samt torksprickor. Ett golv som spacklas med Kalkstark® kan bli härdat med en väldigt kort tid och därefter användas till exempel om man spacklar ett golv 2 cm med Kalkstark® kan man gå på det efter bara 3 timmar.
- Kalkstark® puts, används på ytor med kalkputs eftersom den beter sig i stort sett som kalkputs. Kalkstark® puts absorberar mindre fukt till exempel vid ett slagregn därför att den har mindre porer än vanligt puts. Om ett underlag är dåligt så måste det först brukas med Kalkstark® injektion därefter med Kalkstark® puts. Fördelen med Kalkstark® puts härdar snabbt, inga torksprickor, ganska täta porstrukturer som förhindrar fukt och tjockpåslag upp till 6 cm.
- Kalkstark® färg, den har många goda egenskaper den är helt diffusionsöppen, ångan kan vandra ut utan fritt.
- Kalkstark® bruk, har all goda egenskaper som ett vanligt kalkmurbruk, men ett kalkbruk med Kalkstark® teknologi har fördel såsom att den har öppen porstruktur som inte hindrar vatten att diffundera.

(http://www.nsiab.com/kalkstark/kalkstark_anvandning.php, 2010)

6. Fuktmättarna som användes

6.1 Fuktkindikator Gann Hydrmette UNI 1

Detta är en Fuktkindikator (se figur 6.1) som indikerar fukt i det flesta byggmaterial såsom betong, puts, kakel, trä m.m. Man använder detta genom att man håller i en knapp på den digitala fuktmätaren tills det visar över 8 i displayen, därpå håller man den givaren mot väggen för att därefter få ett värde som man sedan omvandlar till skaldelar genom att man delar det på tio. Materialegenskaperna i väggen som densitet samt allt fukt påverkar denna signal. Detta är en enkel och snabbt fuktkindikator som kan användas på ett lätt sätt att följa fuktändringen i materialet utan att ha behov av förstöra ytterväggen genom att sticka hål på materialet (väggen). Fuktkindikator Gann Hydrmette UNI har använt under lång tid av många privatpersoner till sina hus och andra företag såsom fastighetsförvaltare, fuktsanerare m.m, givaren på denna indikator är placerat på en separat handenhets därför är det lätt att ansluta andra typer av givare. Denna fuktkindikator indikerar fukt genom att skicka signal 20 cm i väggen (materialet) och ger ett medelvärde 0-20cm.



Figur 6.1 fuktkindikator Gann Hydrmette UNI. ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))

OBS Instrumentet är utmärkt till att söka fuktigare partier men kan inte användas som regelrätt mätinstrument därför har dess värden inte tagits med.

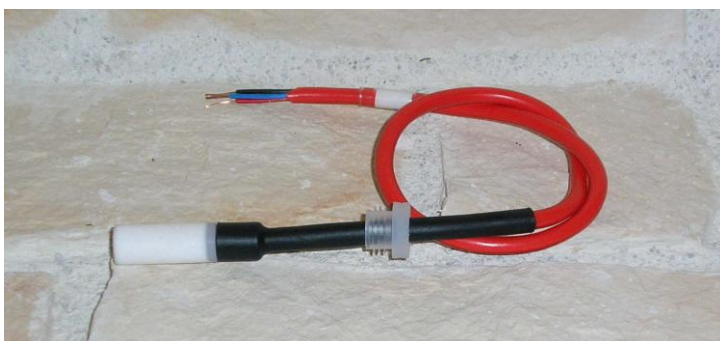
6.2 Protimeter Timbermaster

Fuktmätaren Timbermaster är framför allt avsedd för att mäta fuktkvoter i trä samt ytterväggar som är byggda av betong, cement och murverk genom att föra in mätkroppar i väggen. Mätkropparna måste installeras tätt för att undvika ankommande fukt rund omkring. Mätt kropparna ska vara i väggen minst en vecka för att kunna balansera sig och kunna få ett realistisk värde. Efter en vecka kan man mäta den relativa fuktigheten genom att koppla mätkropparna med fuktmätaren och få värdet på den relativa fuktigheten i väggen. Protimeter Timbermaster används enkel och snabbt för all träproduktion direkt och används oftast av folk som jobbar med trä och ger exakta värden över 8 % eftersom den minsta värden som kan mätas är 8 %. Den har också temperaturgivare där indikatorn kan kompensera med hänsyn till temperaturen Olika material har olika egenskaper av den orsaken finns skilda mätvärden som är inbyggd i denna fuktmätaren och "har 8 inbyggda skalor med hänvisningar till olika träsorter". Denna fuktmätaren har man använt sig av för att få fram mätvärden på mätkropparna (se figur 6.2).



Figur 6.2 Protimeter Timbermaster (fuktmätare). ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))

Mätkropparna som användes i detta examensarbetet för att utföra fuktmätningarna är en s.k. Sahléngivare (se figur 6.3). Denna givare används främst för mätning i konstruktioner såsom betong, tegel och lättbetong. Givaren är mycket långtidsstabil och används som kvarsittande givare vid långtidsmätningar. Givarens unika egenskaper gör att den kan mäta mycket höga fukt-tillstånd.



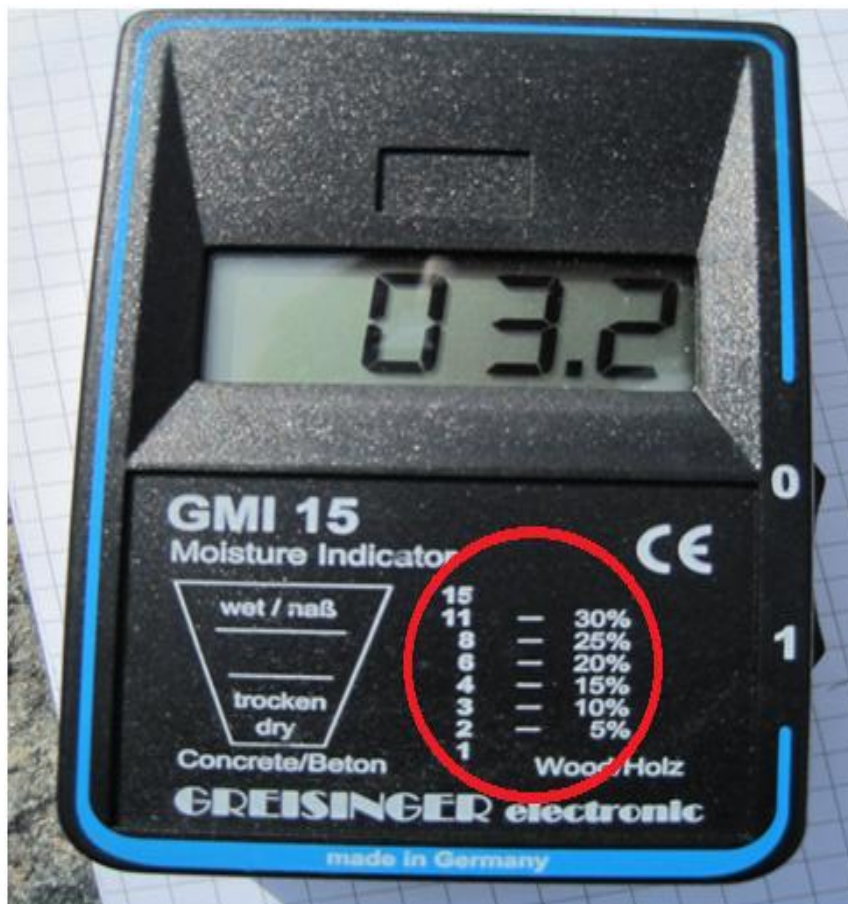
Figur 6.3 Sahléngivare (mätropp).

(http://www.fuktcom.se/cgi-bin/webbpub-s/ak_webbpub-s.cgi?funk=F&nr=00007&Sprak_ID=sv, 2010)

6.3 Moisture indicator GMI 15

Moisture indicator GMI 15 är en fuktindikator som används för träfuktighet och byggfuktighet. Denna indikator används snabbt och enkelt genom bara att lägga indikatorn på den plats man vill indikera fukt i vägg, plattor och golvbeläggningar. Moisture indicator GMI 15 indikerar fukt i olika material till exempel trä identifierar den ner till ett djup på ca 5 cm, i betong och cement ner till 4-5 cm. Indikatorn visar värden 1- 15 skaldelar detta innebär mellan varje skaldel är 5 % i fuktkvot (se figur 6.4).

(<http://www.greisinger.de/files/upload/en/produkte/kat/13.pdf>, 2010)



Figur 6.4 Moisture indicator GMI 15 (fuktindikator).
(Hoger Akram & Alan Hamid, 2010)

OBS Instrumentet är utmärkt till att söka fuktigare partier men kan inte användas som regelrätt mätinstrument därför har dess värden inte tagits med.

7. Mätningar på Ellos lagerbyggnad

7.1 Thomas klingvall (examensarbete Nr4/1999 kap.7)

”Vid Ellos AB på Viareds industriområde i Borås har en sektion av en höglagervägg impregnerats. Den aktuella sektionen är 6 m bred och 14 m hög och består av liggande lättbetongblock. Väggen målningsbehandlades med en diffusionsöppen färg när byggnaden uppfördes 1986. Vissa skador i form av sprickor, avflagnande färg och ytskikt i lättbetongens ytskikt förekommer, förmodligen pga. frostsprängning till följd av fukt i väggen.

Under de fuktiga perioderna på året kan man se att den impregnerade sektionen inte mörknar som de omgivande sektionerna.

Impregneringen gjordes utanpå färgen så därför har små provbitar tagits ur väggen för att kontrollera inträngningsdjupet. Det visade sig att impregneringen trängt igenom färgen och nått ungefär samma djup som i en provbit som tagits från ett skadat område utan färg.

Mätutrustningen flyttades tillfälligt från provhuset och två värmeflödesmätare sattes upp på insidan mitt på impregnerad respektive oimpregnerad sektion. Tyvärr skedde mätningarna sent på våren så skillnaden mellan ute och innetemperatur blev inte så stor, och solen värmdes väggen en del dagar vilket fick till följd att dessa mätningar inte gav ett så entydigt resultat att en bra bedömning kan göras. Man kan dock tydligt se att värmeflödet är mindre i den impregnerade delen men mätningarna är inte tillräckligt bra för att göra någon bedömning av storleksordningen (se diagram 7.1).”

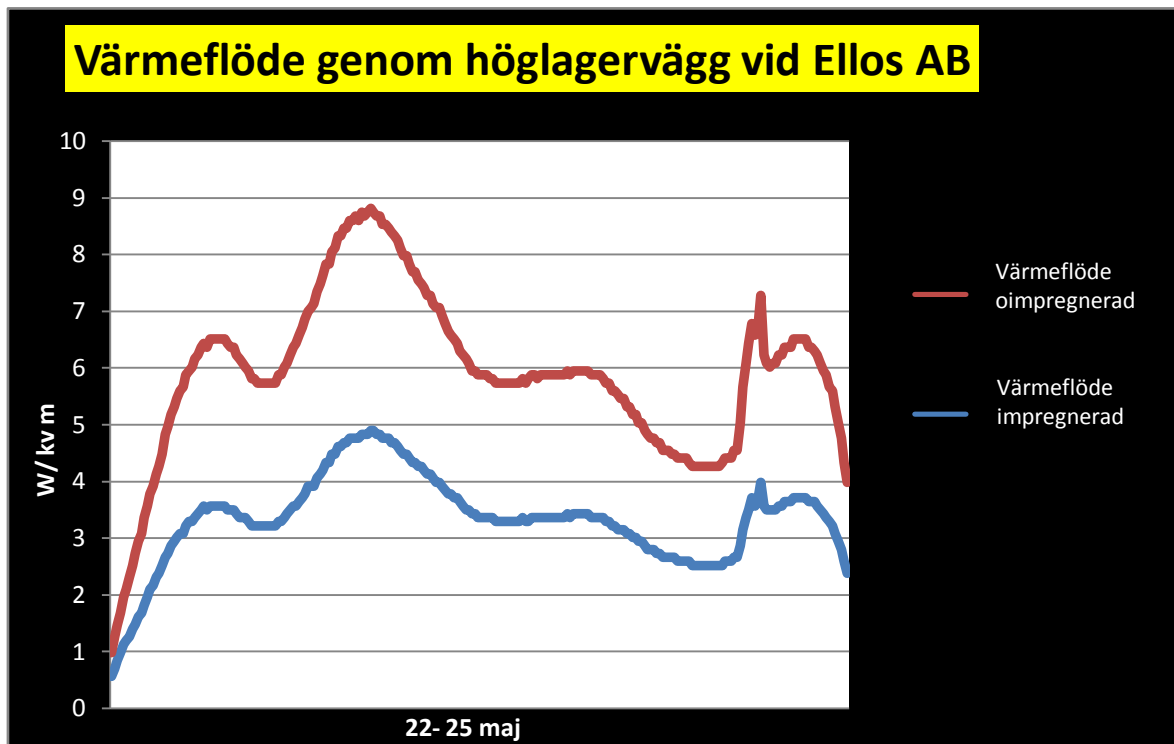


Diagram 7.1 värmeflödet genom impregnerad och oimpregnerad lagervägg vid Ellos AB.

7.2 Fuktmätningar mellan impregnerade samt oimpregnerade väggar

Den 26-4-2010 vid vårt återbesök på Ellos lagerbyggnad genomförde vi en del fuktindikeringar på de impregnerade samt de oimpregnerade ytterväggarna. Vi utförde tester på både lättbetongväggen och tegelväggen med hjälp av Thomas Klingval. Indikeringarna gjordes med en fuktindikator (*PROTIMETER MINI*), denna fuktindikator har två givare som förs in i väggen därefter visar det fukten i skaldelar. Vi förde in givaren i Lättbetongblocken båda i den impregnerade samt oimpregnerade. Den impregnerade gav ett värde på 7 skaldelar och på den oimpregnerade väggen visade sig att det var dubbelt så mycket än det impregnerade som gav ett värde mellan 18-20 skaldelar. På tegelfasaden förde vi givaren i fogen mellan teglen på grund av givarna inte klarade att föras in i teglen för dess hårdhet, där visade sig inte så stor skillnad och detta beror på att indikeringarna utfördes på en solig dag, där alla väggarna var torra men trots allt kunde man se skillnaden mellan den impregnerade och oimpregnerade tegelfasaden med en liten skillnad.

Vi jämförde våra mätningar på Ellos, Eriksbergskontoret med Thomas Klingvalls fuktmätningar på Ellos lagerbyggnad som var impregnerade sedan 1994 (*se diagram 7.2*) och den teoretiska tabellen (*se tabell 7.1*). Där har det bevisats att resultaten är samma trots att 16 år har gått förbi. Med hjälp av våra och Thomas Klingvalls mätningar kan vi se att det lönar sig att impregnera med Stenimpregnering C2[®].

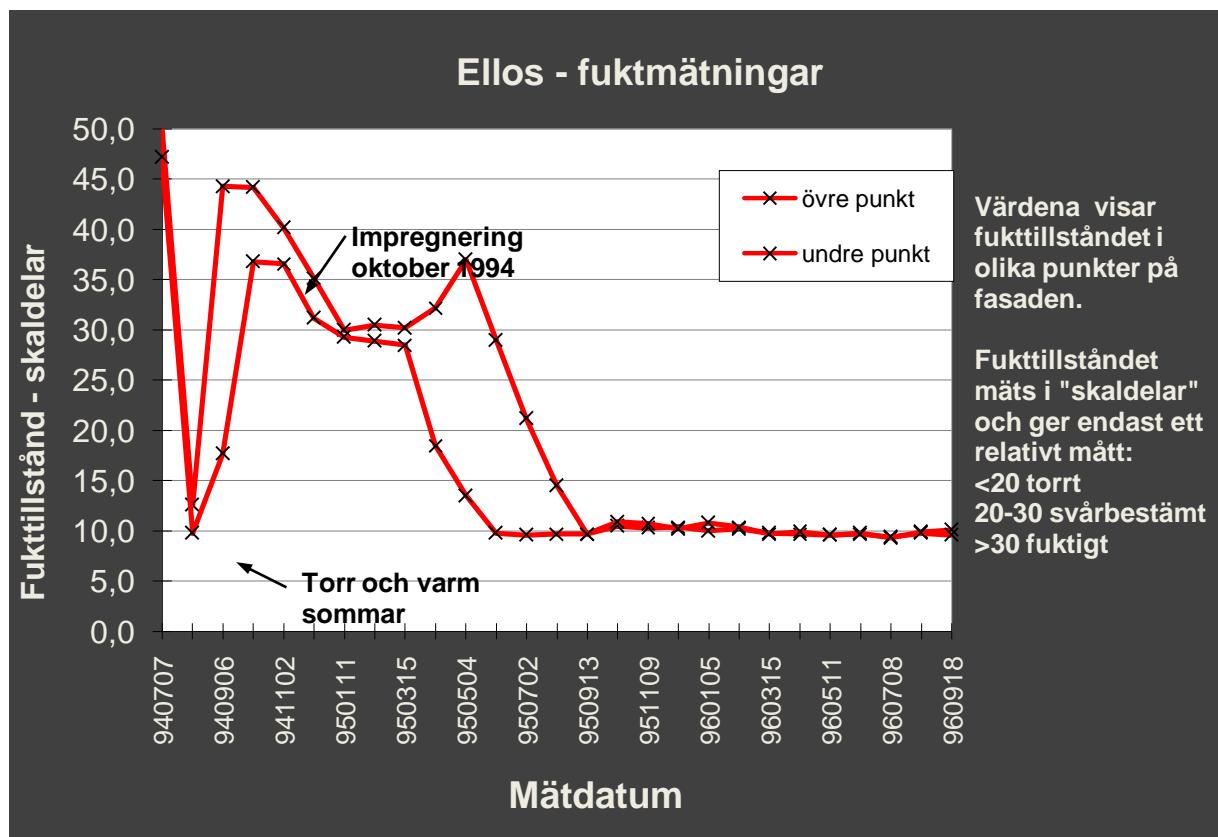


Diagram 7.2 fuktmätningar på en impregnerad yttervägg vid Ellos AB.

9.3.2 Teoretiska beräkningar

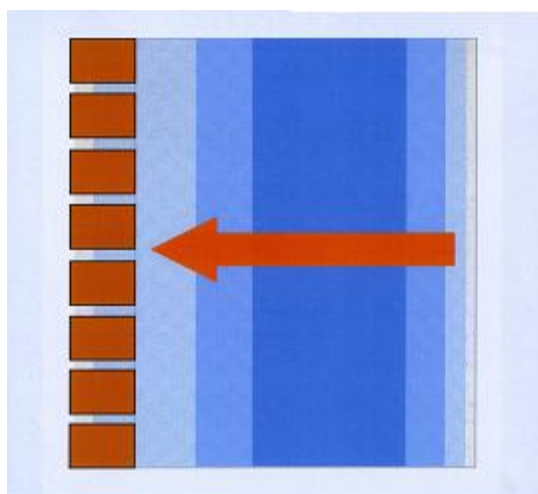
Med användning an klimatdata för Borås (Bilaga 8), under perioden från januari till juni 1996, beräknas medelfukthalt, värmefflöde och energiåtgång utan hänsyn till solstrålning (figur 9.2). Huset har på utsidan varit täckt med en plastfolie. Det är osäkert hur uteluftens RF har varit mellan plast och vägg. RF har valts till konstant 80%. Beräknad fukthalt i väggen efter byggslut visas i tabell nedan.

Tabell 9.1: Beräknade fukthalter i väggen under perioden jan. till jun. 1996.

Tid	Medelfukthalt	skikt 1	skikt 2	skikt 3	skikt 4	skikt 5	skikt 6
t	i väggen	36mm	34mm	36mm	34mm	36mm	24mm
vecka	w (kg/m ³)	w (kg/m ³)	w (kg/m ³)	w (kg/m ³)	w (kg/m ³)	w (kg/m ³)	w (kg/m ³)
0	150.0	150	150	150	150	150	150
1	147.4	146.93	150.24	150.21	150.2	150.25	132.03
2	145.1	140.65	151.08	151	150.92	150.89	117.38
3	143.2	134.37	152.01	151.71	151.43	151.31	107.6
4	141.8	128.1	152.86	152.6	152.19	151.92	100.36
5	140.3	121.85	153.68	153.26	152.82	152.24	94.26
6	139.1	115.85	154.5	154.06	153.55	152.76	88.71
7	137.9	110.03	155.17	154.85	154.22	153	83.68
8	136.7	104.26	155.78	155.66	154.9	153.21	79.26
9	135.6	98.64	156.32	156.43	155.6	153.37	75.51
10	134.5	93.34	156.65	157.1	156.16	153.2	72.08
11	133.3	88.69	156.65	157.6	156.64	152.73	68.48
12	131.8	84.58	156.09	158	156.05	151.8	64.63
13	130.6	81.21	155.4	158.34	157.25	150.47	60.72
14	129.4	78.1	154.7	158.61	157.67	149.17	57.21
15	128.6	74.7	153.85	158.91	157.83	149.86	54.54
16	127.1	71.85	152.92	159.42	158.21	146.3	52.04
17	125.8	69.17	151.62	159.45	158.27	144.47	49.61
18	124.6	66.5	150.48	159.66	158.6	142.63	47.59
19	123.4	64.62	149.02	159.77	158.72	140.45	45.43
20	122.2	63.41	147.35	159.65	158.7	137.84	43.16
21	120.9	62.26	145.66	159.6	158.4	135.17	41.31

53

Tabell 7.1 visar var fukthalten är högst i väggen.
(Chalmers tekniska högskola, 1996)



Figur 7.1 visar vart mest vatten samlas in i en oimpregnerad vägg.

8. Eriksbergskontoret

8.1 Bakgrund

Eriksbergskontoret är en flervånings byggnad i Älvstranden, många av de gamla fastigheterna på Norra Älvstranden byggdes i samband med de stora varvens etablering i Göteborg under det tidiga 1900-talet. Fastigheterna har tegelfasader, ofta 1 ½ stens och har bevarats vid utvecklingen av området av Älvstranden Utveckling AB. Dock har flera renoveringar genomförts, ofta med kortsiktiga metoder. Eriksbergskontoret är ett av de forna varvens huvudkontor och inhyser idag olika företag som använder lokalerna som kontor. Under flera år har man haft problem med inomhusmiljöklimatet, det är främst luktproblem och fuktgenomslag på insida ytterväggar som har påvisat stora fuktskador. Även färgsläpp på stora partier har också varit problem. Under 2008 gjordes en skadeinventering och Älvstranden Utveckling AB beslöt att inleda en långsiktigt hållbar renovering av den sydvästra fasaden. För att stödja teorin och kunna bevisa att vattenavvisande stenimpregneringen C2[®] verkligen fungerar i praktiken gjordes mätningar på Eriksbergskontoret där vi hade 3 olika väggytor som var behandlad samt obehandlad.

8.2 Varför renoverades Eriksbergskontoret?

Undersökning och analys på Eriksbergskontoret utfördes på fog och fasader vid besiktning med projektledare Per Andersson och tekniska förvaltare Edin Hebib.

Efter besiktningen visade att fogbruket var lokalt skadat, där huvuddelen av kalkmaterialet i bruket var skadat genom sur vattenbelastning av fasaderna. Lagningar som har utförts innan med C-bruk har gett dåliga vithäftningar vid teglet och vissa lagningar har krympt som i sin tur har gett mikrosprickor, där vatten har kunnat komma in lätt och framkallat skador på fasaden.

Det visade sig även att armeringarna på vissa ställen hade blivit skadade särskilt på klocktornets övre del. Skadorna på fasaden orsakades av inträngning av vatten (slagregnsbelastning), där har det orsakat kraftiga saltutfällningar och medfört stora skador i bindemedlet och vidhäftningsbrott på inre putts m.m.

8.3 Temperatur mätningar

På våning 3 befann sig den ena väggytan som var behandlad med både Kalkstark[®] och impregnerad med stenimpregnering C2[®]. Denna väggyta var en yttervägg för ett kontor som hade olika temperatur under mätningarnas gång. Detta gjorde att lufttemperaturen på både sidorna av väggen dokumenterades för att få en bild över åt vilket håll den varma och fuktiga luften vandrades (*se tabell 1.1*). Den andra väggen som ingick i mätningarna var endast behandlad med stenimpregnering C2[®] och denna vägg är yttervägg till ett pannrum som befann sig på plan 5. Detta gjorde att lufttemperaturens skillnad på både sidorna av väggen dokumenterades även på denna vägg (*se tabell 1.2*). Den tredje väggen befann sig också på plan 5 och denna yttervägg var obehandlad. Den obehandlade väggens insida kunde vi inte komma åt som de andra väggarna så att ingen lufttemperaturs skillnad på denna vägg kunde dokumenteras.

Man kan redan konstatera att en sådan mätning skall utföras under ett helt år och längre period för att uppnå bästa resultat och se ett oundvikligt bevis på att man får en mycket effektivare fuktresistans med vattenavvisande stenimpregneringen C2[®] under hela årets väderlekar. Detta var tyvärr inte en möjlighet på grund av tidsbrist så att mätningarna utfördes från 2010-05-19 till 2010-07-21.

Det bestämdes att mätningarna skulle utföras en gång i veckan varje onsdag, detta beslut togs för att mätvärdena kunde visas hyfsad bra på denna tidsintervall.

8.3.1 Tabeller och diagram på temperaturmätningarna

Högskolan i Borås - temperaturmätningar		
Tabellen för temperatur		Anmärkning
Luft-temp skillnad mellan in och utsidan (kontoret)		
Datum	inne-temp (C°)	ute-temp (C°)
2010-05-19	18,7	23,5
2010-05-26	19,4	17,6
2010-06-02	16,5	13,0
2010-06-09	18,5	15,9
2010-06-16	27,2	21,0
2010-06-23	26,0	26,6
2010-06-30	21,4	19,6
2010-07-07	25,3	22,6
2010-07-14	29,1	30,1
2010-07-21	27,8	26,7

Tabell 8.1 temperaturskillnaden mellan insidan och utsidan kontoret.

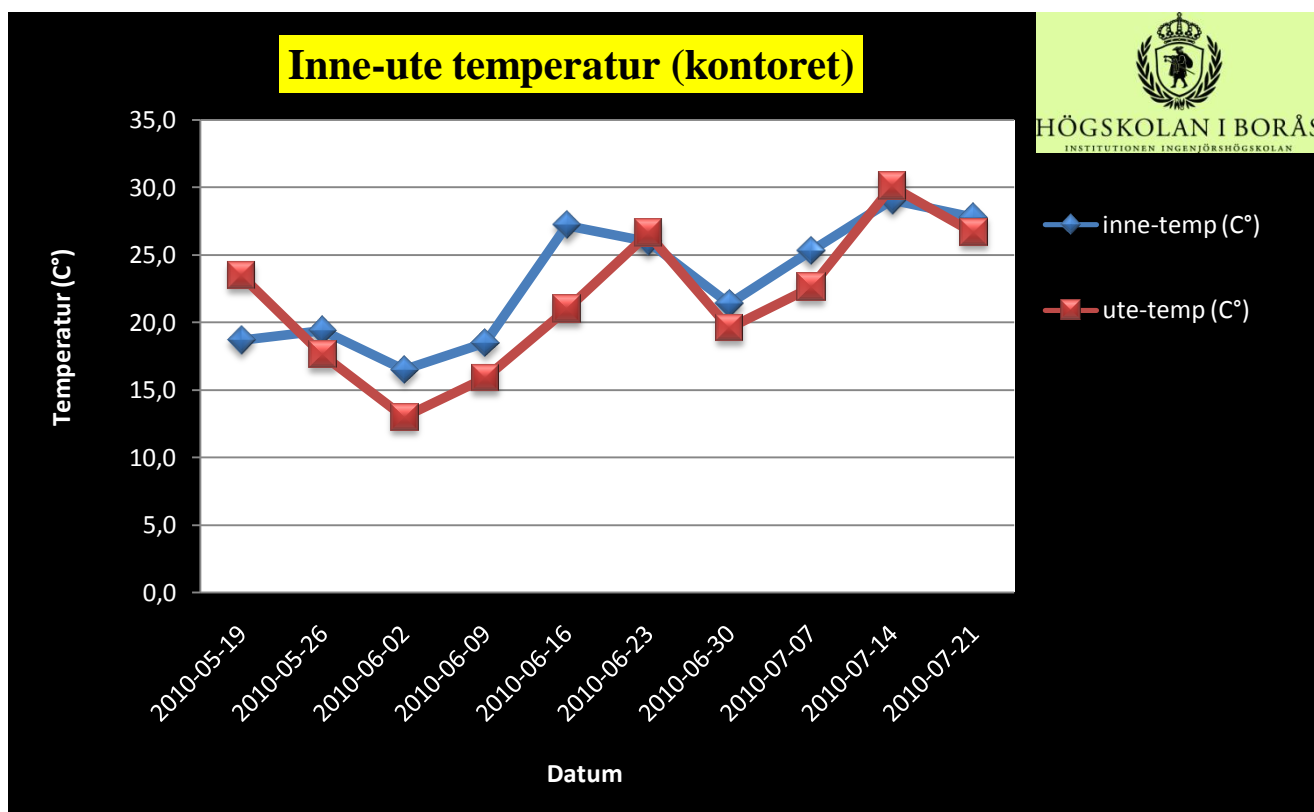


Diagram 8.1 temperaturskillnaden mellan insidan och utsidan av kontoret.

Högskolan i Borås - temperaturmätningar

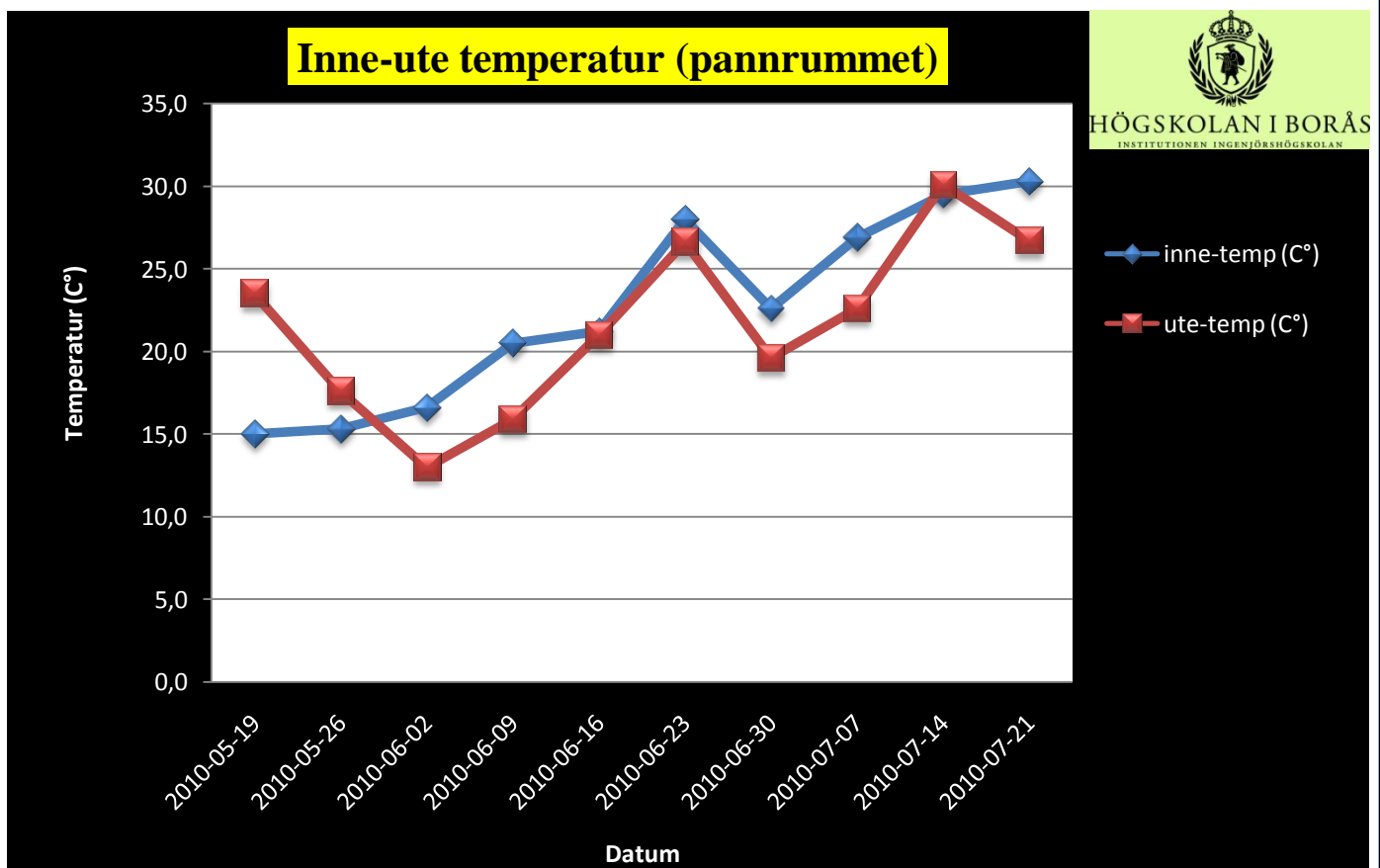
Tabellen för temperatur

Anmärkning

Luft-temp skillnad mellan in (pannrummet) och utsidan vägg

Datum	inne-temp (C°)	ute-temp (C°)
2010-05-19	15,0	23,5
2010-05-26	15,3	17,6
2010-06-02	16,6	13,0
2010-06-09	20,5	15,9
2010-06-16	21,2	21,0
2010-06-23	28,0	26,6
2010-06-30	22,6	19,6
2010-07-07	26,9	22,6
2010-07-14	29,5	30,1
2010-07-21	30,3	26,7

Tabell 8.2 temperaturskillnaden mellan insidan och utsidan av pannrummet.



Figur 8.2 temperaturskillnaden mellan insidan och utsidan pannrummet.

8.4 Mätutrustning som användes vid varje mätningstillfälle

Innan varje mätning testades alla fuktindikatorerna genom att kolla batteriernas skick och testades på ett fuktmättat virke för att vara säker på mätningarnas noggrannhet. Vid mätningarna användes flera olika mätutrustningar för att indikera fukt och temperatur.

1. **Lufttemperaturmätaren**
2. **Mätkroppar**, dessa mätkroppar har tillverkats av Niklas Sahlen på Lunds Universitet och har borrats in i väggen på olika djup (Punkt 1(70 mm)) och (Punkt 2(200 mm)) utifrån. För att betrakta mätvärdena som korrekt och för att minimera felaktiga resultat fick vi hjälp av Jimmy Eriksson på FC mureri med att få in mätkropparna eftersom det krävdes mycket kunskap och noggrannhet.

Dessa punkter måste uppfyllas förr att få en korrekt utförd mätning:

- Borrhålet måste rengöras noga - dammsugas eller blåsas.
- Borrhålet måste "vila" efter borrningen. Borrvärmen och fuktutfällningar på borrhålets väggar måste utjämnas. "Vilotiden" varierar med betongkvalitén. Den kan variera mellan 5 - 14 dagar innan adekvat mätning kan göras. Mäter man för snabbt efter borrningen erhålls för höga värden.
- Mätkroppen måste sitta i borrhålet tillräckligt lång tid.
- Mätkroppen skall ha samma temperatur som betongen; helst innan det sätts in i mät hålet. Olika temperaturer på mätsondens delar kan ge felaktiga resultat.
- Mätsonden måste tätas mot borrhålets väggar på det djup mätningen skall göras. Temperatureffekten då en konstruktion värms upp t.ex. i samband med torkning måste beaktas.

Denna mätmetod ger det mest korrekta värden därför har de valts att ta endast med resultat från mätkropparna.

(<http://www.byggnadskontroll.nu/index.aspx?site=byggnadskontroll.nu&page=3256>, 2010)

3. **Fuktmätaren (Protimeter timbermaster)**, denna mätutrustning användes endast för att få mätkropparnas värde. Den visar fuktkvoten direkt i procent.
4. **Fuktindikatorn (Fuktindikator Gann Hydrmette UNI 1)**, denna indikator skickar in signaler 200 millimeter in i materialet för att sedan ge ett värde i skaldelar som man får göra om till procent (fuktkvot). Det ska också nämnas att denna fuktindikator tyvärr inte är så pålitligt eftersom den känner av frekvens från annat än bara vattenmolekyler såsom armeringsjärn och annat vägginnehåll.
5. **Fuktindikatorn (Moisture indicator GMI 15)**, indikerar på djupet 40-50 mm och i skaldelar som man får ändra till procent (fuktkvot). Som ovan är denna fuktindikator också väldigt känslig för annat än bara vattenmolekyler.

För mer info om mätutrustningarna se kapitel 6.

8.5 Utföranden av mätningarna

Det första som gjordes var att åka upp till plan 3 sedan in till kontoret för att påbörja mätningarna. Mätningarna påbörjades med att mäta lufttemperaturen i kontoret, detta utfördes för att få veta hur oönskad luft utifrån kommer in och påverkar temperaturvärdet. När man väl har dokumenterat lufttemperaturen fortsatte man mätningarna med att mäta på mätkropparna då togs det hjälp av fuktmätaren (**Protimeter timbermaster**). Detta mätningmoment gjordes genom att man kopplade mätkroppen och fuktmätaren med hjälp av en 2-polig sladd som i sin tur gav ett värde för dokumentation.

Efter att man mätt på både (Punkt 1(70 mm)) och på (Punkt 2(200 mm)) gick man över till en annan fuktindikator (**Fuktindikator Gann Hydrmette UNI 1**), som indikerar fukt på 200 millimeters avstånd och denna fuktindikator är väldigt känsligt för armering och dessutom för nykommet vatten på väggens yttersta skikt ifrån regn som inte hunnit avdunsta. Denna indikering utfördes genom att slå på fuktindikatorn och hålla staven rakt mot väggytan som sedan gav ett värde i skaldelar som man fick ändra till procent. Vissa dagar fick man väldigt höga värden med (**Fuktindikator Gann Hydrmette UNI 1**) då ändrades stavens riktning punkt men ändå inom samma mätning yta och då fick man helt andra värden som istället dokumenterades eftersom man hade kännedom om fuktindikatorns felmarginaler.

Sista indikeringen gjorde med hjälp av fuktindikatorn (**Moisture indicator GMI 15**). Indikatorn slogs på och hölls fast mot fogen nära mätpunkten och indikeringsvärden lästes av och dokumenterades efter att man omvandlat de till procent (fuktkvot) men eftersom den indikerar på ett kort avstånd in i väggen och påverkas av vad det har varit för väder strax innan mätningarna samt att den är väldigt känslig för annat än bara fukt därför valde man att försumma dessa värden.

Under mätningarnas gång upptäckte man att en av mätkropparna hade gått sönder på (punkt 1(70 mm)) så att vi bestämde att ta endast med värden från samtliga (punkt 2 (200 mm)) (se tabell. 1.3).

8.5.1 Tabell och diagram över fuktmättningsresultaten

Högskolan i Borås - fuktmätningar(Skaldelar)			
Tabell för Fukttillstånd - skaldelar			
Datum	(Kalkstark & C2)	(C2)	(Icke behandlad)
2010-05-19	22,2	13,4	50,0
2010-05-26	34,2	23,5	50,0
2010-06-02	33,7	20,0	49,7
2010-06-09	26,3	18,0	50,0
2010-06-16	14,6	12,7	50,0
2010-06-23	11,7	10,7	50,0
2010-06-30	17,2	10,7	48,2
2010-07-07	16,3	9,7	47,9
2010-07-14	17,5	9,8	50,0
2010-07-21	13,4	8,2	50,0

Tabell 8.3 mätvärden från mätkropparna (punkt 2 (200 mm))

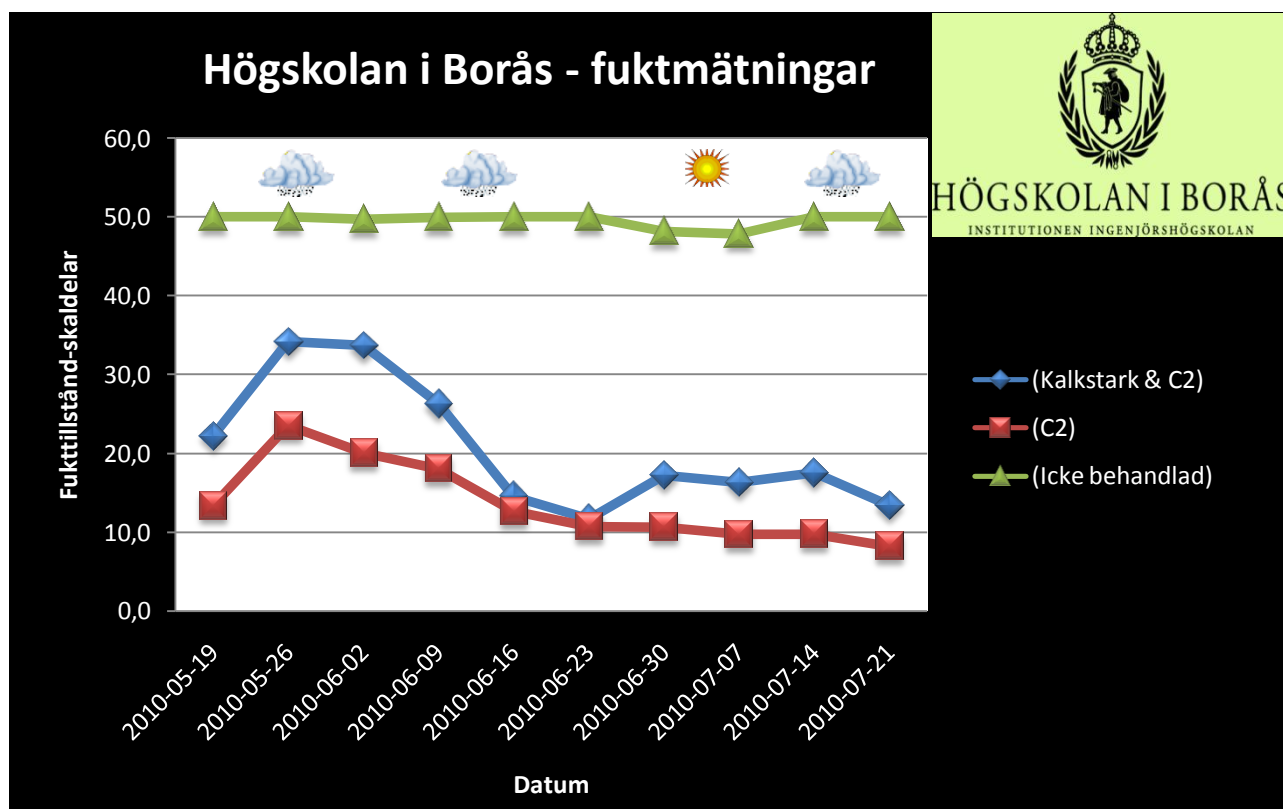


Diagram 8.3 fuktförhållanden mellan de väggarna på Eriksbergskontoret i Skaldelar.

9. Problem vid utförande

De svårigheterna vi stötta på vid utföranden av mätningarna var främst att en av mätkropparna som befann sig på 70 mm djup och på den oimpregnerade väggen gav ingen respons under mätningens gång. Detta gjorde att man fick med sig mätvärden från endast ett av mätkropparna på respektive vägg. Temperaturmätningar på kontoret är också en faktor som kan diskuteras om man hade öppna fönster någonstans eller om dörren var på glänt strax innan mätningarna som har naturaliserat skillnaden mellan ute och inne temperaturen.

Det skall också nämnas att fuktindikatorer såsom Gann Hydrmette UNI och Moisture indicator GMI 15 användes och dess indikeringsvärden har även dokumenterats under hela mätningens gång men som i detta arbete inte tagits med på grund av fuktindikatorernas felmarginaler. Dessa två fuktindikatorer förutom att indikera och känna av resonansfrekvens från vattenmolekyler känner av annat som befinner sig i väggen. Vid flera tillfällen har man fått mycket felaktiga värden och det försökte man justera genom förflytta på indikatorn något för att sedan få helt andra värden som man fortfarande med stor osäkerhet dokumenterade. Fuktindikatorer som Gann Hydrmette UNI och Moisture indicator GMI 15 är väldigt känsliga för av det har varit för väder d.v.s. att om väggens yttersta skikt är fuktigt från nykommet regn så visar den höga värden men denna fukt kanske inte tränger in i väggen utan bara avdunstar, där kan vi hävda att man kan aldrig mäta under en längre period med de fuktindikatorerna på grund av de fel som nämnts ovan.

10. Diskussion

Mätningarna som utfördes på Eriksbergskontoret under sommaren på de tre väggen visar att impregnerade väggen med stenimpregnering C2[®] gav den bästa resultat, däremot väggen som var impregnerad med stenimpregnering C2[®] & behandlad med Kalkstark[®] visade lite högre fukthalt i (%) men ändå torrt. Detta var på grund av att vatten inte hade hunnit torkas ut helt när man har sprutat in kalkstark i väggen och att väggen var längst ned av byggnaden, eftersom ju längre ned man är av en vägg desto högre (RF) på grund av gravitationen. Väggen som var oimpregnerad visade mycket dåligt resultat jämfört med de impregnerade, där kan man säga att resultaten på väggarna visar klart och tydligt hur bra impregneringen är samt att det stämmer alldeles bra med mätningarna som tidigare är utförda av andra forskare.

Vi har också mätt lufttemperatur skillnaden (ute & inne) båda i kontoret och i pannrummet. Den tredje väggen som var oimpregnerad har vi inte kunnat komma åt därför har vi inte haft temperatur skillnaden och vi inte kan se hur luften vandrar på den oimpregnerade väggen. Både på kontoret och pannrummet så har det visat sig att utetemperaturen har ofta varit lägre än inne, detta innebär att luft inifrån vandrat ut eftersom varmt vandrar till kallt.

De mätningarna som är utförda och förklaringarna som finns för hur fukt påverkar våra byggnader samt hur impregneringen fungerar mot fukt har en stor betydelse för oss alla som är involverade i byggbranschen.

Referenser.

[Thomas Klingvall, \(ENERGIBESPARING I LÄTTBETONGBYGGNADER GENOM VATTENAVVISANDE IMPREGNERING\).](#)

[PER ANDERSSON.](#)

[Fukt, inomhus, Ingmar Samuelson.](#)

[Miljöeffekter, Nils Brandt & Fredrik Gröndahl.](#)

[Fukt, Handbok, Lars Erik Nevander & Bengt Elmarsson.](#)

<http://www.lfs-web.se/fukt.htm>

<http://www.smhi.se/foretag/m/cfd/slagregn.htm>

<http://www.sp.se/sv/index/services/moist/Sidor/default.aspx>

http://www.sbuf.se/ProjectArea/Documents/InfoSheets/PublishedInfoSheet%5C4314DB24-0949-4DB9-8935-05CE7CB340E1%5CSBUF_11976_0928.pdf

http://www.kalkstark.se/kalkstark/kalkstark_anvandning.html

<http://www.proffsmagasinet.se/fuktm%C3%A4tare-protimeter-timbermaster.html>

<http://www.proffsmagasinet.se/fuktm%C3%A4tare-gann-hydromette-uni-1-b50.html>

<http://www.conrad.se/swe/tp.php?recordID=129178>

http://www.trygghetsvakten.se/blogg/wp-content/fuktig-grund2_1024.jpg

<http://www.byggnadskontroll.nu/index.aspx?site=byggnadskontroll.nu&page=3256>

<http://www.fuktcom.se/>

<http://www-v2.sp.se/energy/ffi/images/fukt1.jpg>

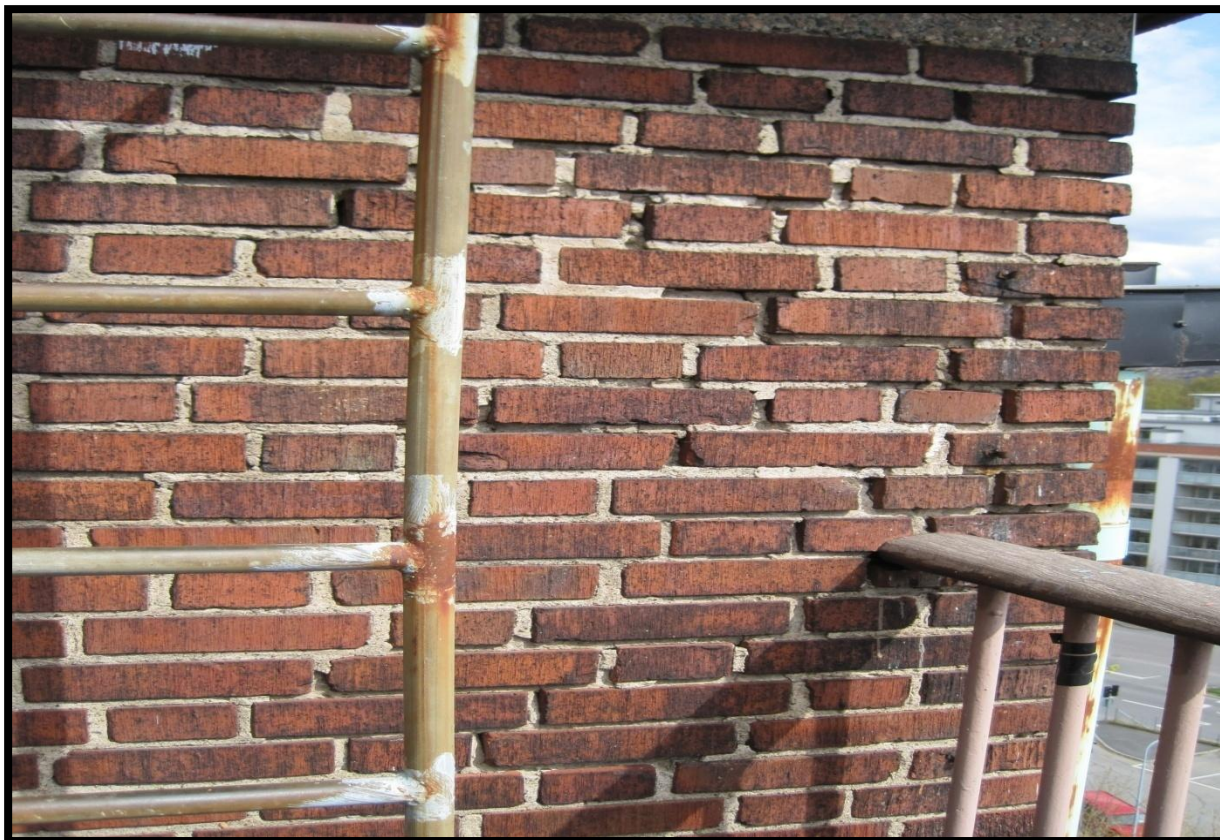


Bild.1. Eriksbergskontoret oimpregnerade och orenoverade fasaden.

([Hoger Akram & Alan Hamid](#), 2010)



Bild.2. Eriksbergskontoret efter renovering med Kalkstark[®] och impregnerad med stenimpregnering C2[®]. ([Hoger Akram & Alan Hamid](#), 2010)



Bild.3. Eriksbergskontoret innan renovering. ([Per Andersson, 2008](#))



Bild.4. Ellos lagerbyggnad lättbetong oimpregnerad fasad. ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))



Bild.5. Scandic hotell i Borås. ([Hoger Akram & Alan Hamid](#), 2010)



Bild.6. saltutfällning, felaktig foglagning. ([Nsiab](#) , 2003)



Bild.7. murverk vars angripen av biologisk tillväxt. ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))



Bild.8. fukt skada. ([Nsiab, 2008](#))



Bild.9. fukt skada (saltutfällning & biologisk tillväxt). ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))



Bild.10. fukt skada på en siloxan behandlad vägg. ([Hoger Akram & Alan Hamid, 2010](#))



Bild. 11. impregnerat tegel. ([Nsiab, 2010](#))