

Tätskikt bakom kakel i våtrumsytterväggar



Anders Jansson

Tätskikt bakom kakel i våtrumsytterväggar

Abstract

Sealing layer behind tiles in wet room exterior walls

Increasingly, exterior walls in wet room areas - showers, bathrooms, utility rooms etc. - are being tiled on the inside. If the tiles are applied to a gypsum board panel, there must be a sealing layer with high vapour penetration resistance behind the tiles to avoid damage. Nevertheless, cases of moisture damage occur in such walls, showing that the design is poor.

The tests that have been carried out in this project confirm the results of calculations that there is a considerable risk of moisture and mildew damage in exterior walls of this type. This is because moisture finds its way into the tile fix behind the tiles when the wall is exposed to water from a shower. It then diffuses through the sealing layer and accumulates in the gypsum board between the sealing layer and the plastic film, with no chance of drying out.

If plastic film is used, it is also possible for moisture from the construction process to find its way into the board if a rolled-on sealing layer is used.

There is also a risk of moisture damage to the exterior of the wall if there is no plastic film. In this case, the moisture from the tile fix diffuses through the sealing layer and into the wall, where it builds up on the inside of the wind barrier during the winter.

The risk of moisture damage increases in those cases where less primer/vapour barrier and/or sealing layer compound are applied than are recommended, i.e. if the workmanship is poor.

This project has also investigated various methods of testing to determine the vapour resistance of the sealing layer. The results show that the value should be determined under conditions similar to those encountered in reality, i.e. with the sealing layer exposed to a relative humidity of 100 %. If not, the test values found for the vapour resistance of the sealing layer can be overestimated, resulting in moisture damage.

Key words: sealing layers, wet room, tiles, permeability resistance, moisture damages.

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2006:46
ISBN 91-85533-34-3
ISSN 0284-5172
Borås 2006

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2006:46

Postal address:
Box 857,
SE-501 15 BORÅS, Sweden
Telephone: +46 33 16 50 00
Telex: 36252 Testing S
Telefax: +46 33 13 55 02
E-mail: info@sp.se

Innehållsförteckning

Abstract	2
Innehållsförteckning	3
Förord	5
Sammanfattning	6
1 Bakgrund	7
2 Syfte	8
3 Fuktmekanik allmänt	9
3.1 Diffusion och konvektion	9
3.2 Kapillärsugning	9
3.3 Fuktbelastning på kaklade väggar	9
3.4 Byggfukt	10
4 Nya krav i BBR (Boverkets Byggregler)	11
5 Uppbyggnad av provväggar	12
5.1 Tätskikt	13
5.1.1 Applicering av tätskikt och kakel	14
5.2 Provväggar	15
5.2.1 Kontroll av material	16
5.3 Mätmetod	17
5.3.1 Trä och gips	17
5.3.2 Fästmassa	18
5.3.2 Läskpapper	18
5.3.3 Temperatur och relativ fuktighet	18
5.4 Mätutrustning och mätpunkternas placering	19
5.4.1 Provvägg 1-4 (väggsektion 1)	19
5.4.2 Provvägg 5-12 (väggsektionerna 2, 3 och 4)	19
5.4.3 Vattenbelastning på provväggar	20
5.4.4 Kylanläggning	20
6 Mätning av ånggenomgångsmotstånd	21
6.1 Provmätod	21
6.1.1 Nya regler för mätning av ånggenomgångsmotstånd	21
6.2 Resultat	23
7 Resultat av fuktmätningarna	25
7.1 Byggfukt med rollat tätskikt, väggsektion 2 och 4	25
7.2 Byggfukt med folier, väggsektion 3	26
7.3 Provväggar med plastfolie och rollade tätskikt	27
7.4 Provväggar med plastfolie och tätskikt av folier	29
7.5 Provväggar utan plastfolie	31
8 Slutsatser	33
9 Förslag till bättre konstruktioner	34
9.1 Yttervägg med plastfolie	34
9.2 Yttervägg utan plastfolie	34

10	Diskussion	35
	Referenser	37
Bilaga 1		
Konstruktionsritningar		38
Bilaga 2		
Mätpunkternas placering		40
Bilaga 3		
Uppmätta ånggenomgångsmotstånd		42
Bilaga 4		
Uppmätta fuktvärden i väggsektion 1		43
Bilaga 5		
Uppmätt temperatur och RF		45
Bilaga 6		
Jämförelsemätning i gips		51

Förord

Projektet påbörjades under sommaren 2005 och har finansierats av Länsförsäkringar, Garbo Försäkringar, Svensk Trähusindustri (STR), Skanska, Folksam och SP. Till alla finansiärerna vill jag rikta ett stort och varmt tack eftersom ni har gjort detta projekt möjligt.

Metodik för provningen samt uppnådda resultat har diskuterats och utvärderats med Ingemar Samuelson, Ingemar Nilsson, Ulf Antonsson (samtliga SP) till vilka jag också vill rikta ett varmt tack för all hjälp. Jag vill också passa på att tacka Sven Bohlin, Karl Samuelson och Roger Davidsson (samtliga SP) för hjälp med uppbyggnaden av provväggarna och tillverkning av mätutrustning. Till sist vill jag också tacka berörd personal på George Anderson Golv AB samt Elektrokyl i Borås för deras insats i detta forskningsprojekt.

Borås i december 2006

Anders Jansson

Sammanfattning

Våtrumsytterväggar förses idag i allt större utsträckning med kakel. Om kakel sätts mot en gipsskiva krävs ett tätskikt med stort ånggenomgångsmotstånd för att undvika skador. Skadefall har visat att det förekommer fuktskador i dessa konstruktioner.

De utförda provningarna i detta projekt visar, precis som tidigare utförda beräkningar, att det är stor risk för fukt- och mögelskador i dessa väggar. Anledningen till detta är att fukt tar sig in i fästmassan bakom kaklet vid duschning. Fukten diffunderar sedan genom tätskiktet och ackumuleras i skivan mellan tätskiktet och plastfolien utan möjlighet att torka ut.

I det fall man har plastfolie i konstruktionen kan man heller inte bortse från byggfukten vid applicering av rollade tätskikt.

Risk finns även för fuktskador i ytterväggens utsida om plastfolien tas bort. I detta fall diffunderar fukt från fästmassan genom tätskiktet och vidare ut i konstruktionen för att under vinterhalvåret ackumuleras innanför vindsyddet.

Risken för fuktskador ökar i de fall där mindre mängd primer/ångspärr samt tätskiktsmassa appliceras (dvs vid slarvigt arbetsutförande) jämfört med om rekommenderad mängd appliceras.

I projektet har olika provningsmetoder för bestämning av ånggenomgångsmotståndet på rollade tätskikt undersökts. Resultaten visade att detta värde bör bestämmas vid förhållanden som liknar det verkliga fallet, dvs där tätskiktet belastas med en relativ fuktighet på 100 %. I annat fall kan de uppgivna värdena på tätskiktens ånggenomgångsmotstånd överskattas och leda till fuktskador.

1 Bakgrund

Våtrumsväggar förses idag i allt större utsträckning med kakel. Om detta sker på en yttervägg kan ett fukttekniskt problem uppstå. I de flesta fall förekommer dubbla tätskikt, dels plastfolie, dels det tätskikt som plattsättaren applicerar, på ömse sidor om en mellanliggande fuktkänslig skiva. En hög fuktbelastning samt ett tätare tätskikt längre ut i väggkonstruktionen än på väggens insida innebär teoretiskt att materialet mellan dessa skikt kommer att tillföras fukt.

I en tidigare rapport (Jansson, 2005) redovisas beräkningar av vilka fuktvärden man kan förvänta sig i våtrumsytterväggar med kakel. Resultatet är beroende av vilket ånggenomgångsmotstånd det applicerade tätskiktet har i kombination med om plastfolie förekommer i konstruktionen eller inte. Beräkningarna visar att det är stor risk för fuktskador i dessa konstruktioner om ånggenomgångsmotståndet på det applicerade tätskiktet är lågt.

Vår erfarenhet vid skadeutredningar är att gipsskivan mellan det applicerade tätskiktet och plastfolien ofta är fuktskadad.

I ett examensarbete från på Lunds Tekniska Högskola (Grimbe och Nordqvist, 2005) utfördes försök med uppbyggda kaklade provväggar. I detta försök belastades dock inte väggarna med vatten (duschning på kaklet) utan endast uttorkningen av byggfukt i gipsskivan kontrollerades. Resultatet visade på en lång uttorkningstid för de väggar där både tätskikt och plastfolie förekom i konstruktionen.

2 Syfte

Syftet med projektet har varit att med hjälp av praktiska försök kontrollera de beräkningsresultat som tidigare redovisats (Jansson, 2005). Syftet med projektet har också varit, under förutsättning att de praktiska försöken verifierar beräkningarna, att ge förslag till nya rekommendationer som kan säkerställa hela väggkonstruktionens fuktsäkerhet.

Det har också ingått i projektet att mäta ånggenomgångsmotståndet på såväl gamla som nya tätskikt som på senare tid har tagits fram. Vidare har det ingått i projektet att verifiera om ånggenomgångsmotståndet för tätskikten varierar beroende på hur hög fuktbelastning de utsätts för, dvs är motståndet lägre vid 100 % relativ fuktighet jämfört med vid 94 % som tätskikten normalt provas vid. Om så är fallet, vilket en del talar för, så ger detta felaktiga värden för deklarationer av produkterna vilket kan leda till fel i fuktsäkerhetsprojekteringen med fuktskador som följd.

3 Fuktmekanik allmänt

3.1 Diffusion och konvektion

Inneluften har normalt sett en högre ånghalt (fukttinnehåll) än uteluften eftersom fukt tillförs inneluften via avdunstning från människor, matlagning, duschning m m. Vattenångan strävar därför att diffundera utåt i byggnadsskalet och under ogynnsamma omständigheter kan fukt kondensera och ansamlas i kallare delar av konstruktionen. Grundregeln för en vanlig konstruktion är därför att alltid ha ett ångtätt skikt på konstruktionens varma sida för att förhindra eller åtminstone bromsa diffusionen. Man bör heller inte ha något material med högre ånggenomgångsmotstånd längre ut i konstruktionen eftersom risken för kondens då ökar.

Oftast används en plastfolie på insidan av ytterväggarna för att förhindra luft rörelser som kan leda till fuktkonvektion (vattenånga transporteras med en luftström). Plastfolien i ytterväggen fungerar också som en bra diffusionsspärr.

3.2 Kapillärsugning

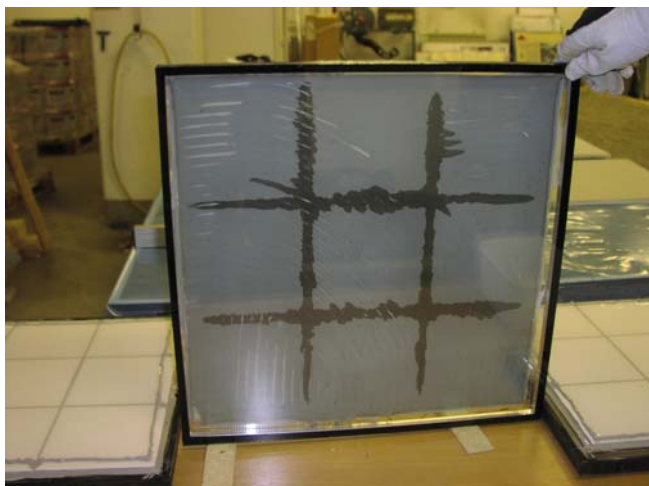
I porösa material som utsätts för vatten sker fuktransport på grund av kapillärsugning, dvs vattenupptagning och transport av vatten i porsystemet. En förutsättning för att kapillär transport skall kunna ske är att vattnet i porerna eller kapillärerna bildar ett sammanhängande system. För att ett sådant skall bildas måste fukthalten i materialet överstiga ett kritiskt värde. Om fukthalten sjunker under detta värde upphör kapillärsugningen.

I många konstruktioner sker kapillärsugning och diffusion samtidigt. Normalt dominerar dock kapillärsugningen över den fuktmängd som kan diffundera genom materialet.

3.3 Fuktblastning på kaklade väggar

På en våtrumsvägg beklädd med kakel råder speciella fuktförhållanden. Fästmassan bakom kaklet är alltid fuktig om duschutrymmet används normalt. Vad som händer när en kaklad väggkonstruktion vattenbegjuts kan visas med följande enkla experiment.

Vi monterade kakelplattor på en glasskiva med fästmassa och fogade mellan plattorna med fogmassa. Efter att konstruktionen hade torkat ut, vilket tog ungefär två månader, belastades kaklet med en vattenhinna på ca 5 mm. Redan efter 2 minuter trängde vatten genom fogmassan mellan kakelplattorna och blev synlig på baksidan genom glasskivan i fästmassan, se fotografi 1.



Fotografi 1. Vatteninträning bakom kaklet efter två minuter.

Efter ca två dygn förekom det fritt vatten i fästmassan bakom hela den kaklade ytan och då avbröts fuktbelastningen och uttorkning i rumsluft med normal temperatur och relativ fuktighet påbörjades. Efter en månad förekom fortfarande fritt vatten i fästmassan. För att torka ut allt vatten i fästmassan behövdes en uttorkningstid som var längre än sex månader. Försöket utfördes på tre olika fogmassor, som är vanligt förekommande på marknaden, med samma resultat.

Anledningen till den snabba uppfuktningen är att vatten sugas kapillärt in till fästmassan via fogmassan mellan kakelplattorna. Fukten i fästmassan skall sedan torka ut via diffusion mellan kakelplattorna, vilket är en långsam process och leder därför till en lång uttorkningstid.

Med ovanstående resultat och resonemang kan man förutsätta att det alltid är i stort sett 100 % relativ fuktighet i fästmassan bakom kaklet när duschutrymmet används normalt. Man kan också förutsätta att det finns risk för att tätskiktet även utsätts för fritt vatten, dvs vattentryck. Tätskiktet får således inte vara kapillärsugande.

Vilken fuktbelastning tätskiktet utsätts för i form av diffusion blir också beroende av temperaturen eftersom ånghalten bestäms av relativ fuktighet och temperatur. Vid 100 % relativ fuktighet och en temperatur på 20 °C kommer tätskiktet att belastas med en ånghalt på 17,2 g/m³ luft. Om temperaturen höjs till 22 °C och vi fortfarande har 100 % relativ fuktighet ökar ånghalten till 19,4 g/m³ luft. Skulle temperaturen bli ännu högre, vilket inte är osannolikt i samband med varm dusch, blir ånghalten ännu högre. Denna höga ånghalt kommer att sträva efter att diffundera utåt i byggnadsskalet eftersom ånghalten där är lägre.

3.4 Byggfukt

På kaklade våtrumsväggar med rollade tätskikt förekommer byggfukt från två olika fukt-källor. Dels innehåller tätskikten vatten som ökar fuktigheten på underlaget vid appliceringen, dels kommer byggfukten i fästmassan att belasta tätskiktet och väggen genom diffusion tills fukten har torkat ut. Vilket vatteninnehåll tätskikten har varierar men är i många fall tillräckligt högt för att fukta upp gipsskivan över den kritiska fukthalt som krävs för mikrobiell påväxt om det förekommer en plastfolie i väggen som hindrar uttorkning, se kapitel 7:1. Konstruktion utan plastfolie har större uttorkningsmöjligheter som gör att fukthalten inte blir tillräckligt hög för att orsaka mikrobiell påväxt.

4 Nya krav i BBR (Boverkets Byggregler)

I nya BBR (BFS 2006:12) som gäller från 1 juli 2006, med en övergångsperiod på ett år, har krav på vattentäta eller vattenavvisande skikt införts. Nedan följer ett förkortat utdrag ur nya BBR under avsnittet 6:5 fukt:

6:533 Utrymmen med krav på vattentäta eller vattenavvisande skikt

6:5331 Vattentäta skikt

Golv och väggar som kommer att utsättas för vattenspolning, vattenspill eller utläckande vatten skall ha ett vattentätt skikt som hindrar fukt att komma i kontakt med byggnadsdelar och utrymmen som inte tål fukt. Vattentäta skikt skall vara beständiga mot alkalitet från betong och bruk, vatten, temperaturvariationer och rörelse i underlaget samt ha tillräckligt högt ånggenomgångsmotstånd. Vattentäta skikt skall även tåla vibrationer från normal utrustning i utrymmet. Fogar, anslutningar, infästningar och genomföringar i vattentäta skikt skall vara vattentäta.

Allmänt råd

Om ett fuktkänsligt material placeras mellan två täta material, exempelvis mellan en ångspärr och ett vattentätt skikt, bör verifiering ske, t.ex. med fuktsäkerhetsprojektering, av att det högsta tillåtna fukttillståndet för materialet inte överskrids.

Ånggenomgångsmotståndet hos det vattentäta skiktet bör vara större än $1 \cdot 10^6$ s/m ($1,35 \cdot 10^{11}$ m²·s·Pa/kg) om man inte vid fuktsäkerhetsprojekteringen påvisat att annat ånggenomgångsmotstånd kan användas. Ånggenomgångsmotståndet bör bestämmas vid förhållanden som liknar det aktuella fallet, t.ex. mellan 75 % och 100 % RF.

En metod för kontroll av fogars vattentäthet hos färdiga tätskikt av plastmattor finns i SS 92 36 21. Standarden avser även målade väggytor.

För vattentäta skikt som utgörs av tätskiktsmassa under eller bakom keramiska material finns det för närvarande ingen lämplig mätmetod för att kontrollera tätheten för det färdiga tätskiktet. Lämpligen utförs en okulär kontroll av tätskiktet och dess anslutningar före plattsättning och plattläggning. Kontroll av att rätt mängd tätskiktsmassa har applicerats per ytenhet bör dokumenteras.

5 Uppbyggnad av provväggar

Uppbyggnaden av provväggar samt montering av mätutrustning har utförts av personal från SP. Applicering av de rollade tätskikten samt montering av kakel har utförts av personal från Georg Anderson Golv AB under övervakning av personal från SP.



Fotografi 2. Uppbyggnad av väggelement med plastfolie.



Fotografi 3. Montering av gipsskivor på väggelement. Våtrumssilikon och plastfolierem-sor hindrar fukt att transporteras i sidled mellan provväggarna.

5.1 Tätskikt

På marknaden förekommer idag många olika fabrikat av rollade tätskikt för våtrumsvägar. Samma tillverkare kan också ha flera olika tätskikt eller system som enligt PERs branschregler är godkända att användas på våtrumsvägar. På senare år har ett flertal tillverkare av tätskikt valt att lansera dels system utan någon förbehandling (primer) dels primer som endast har vidhäftningsförbättrande egenskaper före det att tätskiktet appliceras. Då det under de senaste två åren har blivit fokus på våtrumskonstruktionernas ångtätethet har en del tillverkare kompletterat sina produkter med en så kallad ”ångspärr”. Vi har därför valt att prova både system utan ångspärr som fortfarande används samt nya system som har kompletterats med en ”ångspärr”.

För att kunna kontrollera vilket ånggenomgångsmotstånd tätskiktet bakom kaklet måste ha för att inte skador i väggkonstruktionen skall uppkomma har även tätskikt (folier) med olika ånggenomgångsmotstånd provats. Dessa folier är inte avsedda att användas som tätskikt i våtrumsytterväggar och har endast tagits med i projektet som referens. Folierna har inte limmats mot väggarna utan spänts fast och därefter har kaklet satts i fästmassa. För dessa provväggar finns således ingen byggfukt i tätskiktet, bara i fästmassan.

De provade tätskikten redovisas i rapporten enligt tabell 1 och 2.

Tabell 1. Rollade tätskikt

Rollade tätskikt	Påford mängd	Kommentarer
Tätskikt 1	Halva mängden primer och tätskiktsmassa jämfört med anvisning	Primer och tätskiktsmassa, samma produkt som tätskikt 2
Tätskikt 2	Enligt anvisning	Primer och tätskiktsmassa
Tätskikt 3	Enligt anvisning	Ångspärr och tätskiktsmassa (ny)
Tätskikt 4	Enligt anvisning	Primer och tätskiktsmassa
Tätskikt 5	Enligt anvisning	Ångspärr och tätskiktsmassa (ny)
Tätskikt 6	Enligt anvisning	Tätskiktsmassa, primerfritt
Tätskikt 7	Enligt anvisning	Ångspärr och tätskiktsmassa (ny)
Tätskikt 8	Enligt anvisning	Primer och tätskiktsmassa

Tabell 2. Folier med angivna ånggenomgångsmotstånd (referensvärden)

Folier	Ånggenomgångsmotstånd (s/m)
Tätskikt 9	140 000 enligt produktdatablad
Tätskikt 10	470 000 enligt produktdatablad
Tätskikt 11	990 000 enligt produktdatablad
Tätskikt 12	1 500 000 enligt produktdatablad

Notera att alla tätskikt är vanligt förekommande på dagens marknad, förutom tätskikt 1, och klassas som deformationsupptagande. Det finns även icke deformationsupptagande tätskikt men dessa har vi valt att inte prova. Notera också att tätskikt 2 och 3 är uppbyggda med samma tätskiktsmassa fast med olika primer/ångspärr. Samma sak gäller tätskikt 4 och 5. Tätskikt 6 och 7 är också uppbyggda med samma tätskiktsmassa med den skillnaden att tätskikt 6 är primerfritt.

5.1.1 Applicering av tätskikt och kakel

Appliceringen av primer/ångspärr, tätskiktsmassa, fästmassa, kakel och fogmassa har utförts av erfaren personal från Georg Anderson Golv AB. Aktuella mängder vägdes in på en kalibrerad våg innan applicering utfördes på provväggarna under övervakning av personal från SP. Respektive tätskiktstillverkarens monteringsanvisningar har följts för alla tätskikt med undantag av tätskikt 1 där endast den halva mängden primer och tätskiktsmassa har applicerats. I de fall där monteringsanvisningarna har rekommenderat en speciell appliceringsroller har sådan använts.



Fotografi 4. Väggelement klart för montering av kakel. Observera att det förekommer en tätskiktsremsa över skivskarvar och vägglut under tätskikten.

5.2 Provväggar

16 olika provväggar (provytor) har byggts upp enligt tabell 3. Fyra provväggar (provytor) sitter ihop och bildar tillsammans en väggsektion.

Tabell 3. Provväggar

Väggsektion	provvägg (provyta)	Tätskikt enligt tabell 1 och 2	Vägg med plastfolie	Inneklimat (°C)	Uteklimat (°C)
1	1	7	Nej	Ca 21	Ca -9,0
1	2	6	Nej	Ca 21	Ca -9,0
1	3	3	Nej	Ca 21	Ca -9,0
1	4	2	Nej	Ca 21	Ca -9,0
2	5	1	Ja	Ca 21	Ca 21
2	6	2	Ja	Ca 21	Ca 21
2	7	4	Ja	Ca 21	Ca 21
2	8	6	Ja	Ca 21	Ca 21
3	9	9	Ja	Ca 21	Ca 21
3	10	10	Ja	Ca 21	Ca 21
3	11	11	Ja	Ca 21	Ca 21
3	12	12	Ja	Ca 21	Ca 21
4	13	7	Ja	Ca 21	Ca 21
4	14	5	Ja	Ca 21	Ca 21
4	15	3	Ja	Ca 21	Ca 21
4	16	8	Ja	Ca 21	Ca 21

I väggsektion 1 har fyra olika rollade tätskikt provats utan plastfolie i konstruktionen och med kallt klimat på utsidan av väggen. Som vindsydd har både utegips och vindpapp provats för respektive tätskikt. I denna sektion har syftet med provningen varit att se om det blir kondens på insidan av vindsyddet om man tar bort plastfolien i väggkonstruktionen. Enligt produktdatablad har vindpappen som använts i provningen ett ånggenomgångsmotstånd på 20 000 (s/m) vilket är samma ånggenomgångsmotstånd som tidigare har använts vid beräkningarna (Jansson, 2005).

I väggsektion 2 och 4 har åtta olika rollade tätskikt provats och i väggsektion 3 har fyra olika folier med angivna ånggenomgångsmotstånd provats. I dessa tre väggsektioner har plastfolie använts. Eftersom gipsskivan sitter på den varma sidan i konstruktionen har inget kallt uteklimat erfordrats vid denna provning. Uppmätta fuktvärden i dessa tre väggsektioner med plastfolie blir dock lite underskattade jämfört med verkligheten i det fall då det är kallt ute. Detta på grund av att gipsskivan i verkligheten kommer att bli lite kallare jämfört med gipsskivan i våra labbprovningar. Syftet med provningen i dessa tre väggsektioner har varit att kontrollera hur fuktig gipsskivan mellan tätskiktet och plastfolien blir vid normal fuktbelastning (duschning) på provväggarna.

I bilaga 1 redovisas konstruktionsritningar för samtliga fyra väggsektioner.

5.2.1 Kontroll av material

Innan gipsskivorna, träreglarna och utegipsen monterades in i någon konstruktion mättes fuktkvoten för att kontrollera startvärdet. Det förekom inget material med en fuktkvot som var högre än 0,17 kg/kg vilket är lägre än det kritiska fuktvärde (0,18 kg/kg) för dessa material med avseende på mikrobiell påväxt.

På träreglarna som har använts i väggsektion 1 togs 12 prover för mikrobiologisk analys. På gipsskivorna samt utegipsen i väggsektion 1-4 togs åtta prover för mikrobiologisk analys. Provresultaten visade att det inte förekom någon påväxt på något av de totalt 20 analyserade proverna.

5.3 Mätmetod

Provväggarna har utsatts för duschning, se fotografi 8 under rubrik 5.4.3. Fuktkvoten i gipsskiva och träregelverk har mätts med en fuktkvotsmätare som mäter resistansen mellan två stift instuckna i materialet. Indikationsmätningar med en fuktkvotsmätare i fästmassa och på monterade läskapper har också utförts. Mätning av temperatur och relativ fuktighet har utförts med hjälp av elektriska dataloggrar och elektriska instrument.

5.3.1 Trä och gips

Genom att mäta den elektriska resistansen mellan två stift kan fuktkvoten bestämmas i trä. Uppmätta fuktkvotsvärden i trä är kalibrerade. Om stiften isoleras så att bara yttersta spetsen är oisolerad kan man genom att slå in stiften till olika djup få en uppfattning om fuktfördelningen. Ett vanligt sätt att skapa fasta mätpunkter i trä är att slå in stift och fästa kablar på dem som kan anslutas till fuktkvotsmätare.

När samma metod används i gipsskiva utan isolerade stift kommer mätutslaget att vara beroende av både gipsens och pappens egenskaper. Pappskiktet består av träfibrer som man kan förmoda har en sorptionskurva som liknar träets. I detta fall har stiften förts in till gipsskivans mittpunkt respektive till strax innanför pappskiktet nära den fuktbelastade sidan.

Om man mäter fuktkvoten i standardgipsskiva (13 mm) med pappskikt och i trä som förvaras i samma luftfuktighet får man erfarenhetsmässigt ungefär samma mätvärde, vilket också mätvärdena som redovisas i bilaga 6 visade.

För mätningarna i denna rapport anges fukttinnehållet i gipsskivan som det värde som avlästes på fuktkvotsinstrumentet. Mot bakgrund av ovanstående utgör detta inte verklig fuktkvot i gipsskivan men kan ändå ge en bra uppfattning om vilken fuktighet gipsskivan utsätts för.



Fotografi 5. Förlängningskabel med pålödda mässingsspikar i gipsskiva.

5.3.2 Fästmassa

Indikationsmätningar i fästmassan med en fuktkvotsmätare har utförts med hjälp av ingjutna elektroder i fästmassan. Dessa värden är endast en indikation på om fästmassan är fuktig eller inte. Vid värden i fästmassan på $\leq 0,10$ kg/kg anses fästmassan vara torr, dvs i jämvikt med inomhusluftens relativa fuktighet. Vid värden på $\geq 0,99$ kg/kg förekommer fritt vatten vilket motsvarar en relativ fuktighet på 100 %. Observera dock att ingen kalibrering på dessa mätvärden har utförts och att dessa värden endast är en tolkning av mätningar som utförts i fästmassor på kaklade glasskivor där vi samtidigt som vi har mätt fuktigheten även visuellt sett fästmassan vi mätt i.



Fotografi 6. Montering av kakel och mätutrustning i fästmassa, väggsektion 3.

5.3.2 Läskapper

Indikationsmätningar med en fuktkvotsmätare på läskapper har utförts med hjälp av fasttejpade elektroder. När läskapperet utsätts för fritt vatten fås ett högt värde på fuktkvotsgivaren. Mätmetoden kan därför endast användas för att kontrollera om det blir kondensutfällning i väggen där läskapperet är monterat, inte hur mycket.

5.3.3 Temperatur och relativ fuktighet

Temperatur och relativ fuktighet har mätts med elektriska dataloggrar som har kalibrerats före och efter mätningen. Mätosäkerheten för dessa mätvärden som redovisas i bilaga 5 uppskattas vara ± 5 %. Temperatur och relativ fuktighet har även mätts med elektriska instrument som kalibrerats före mätning.

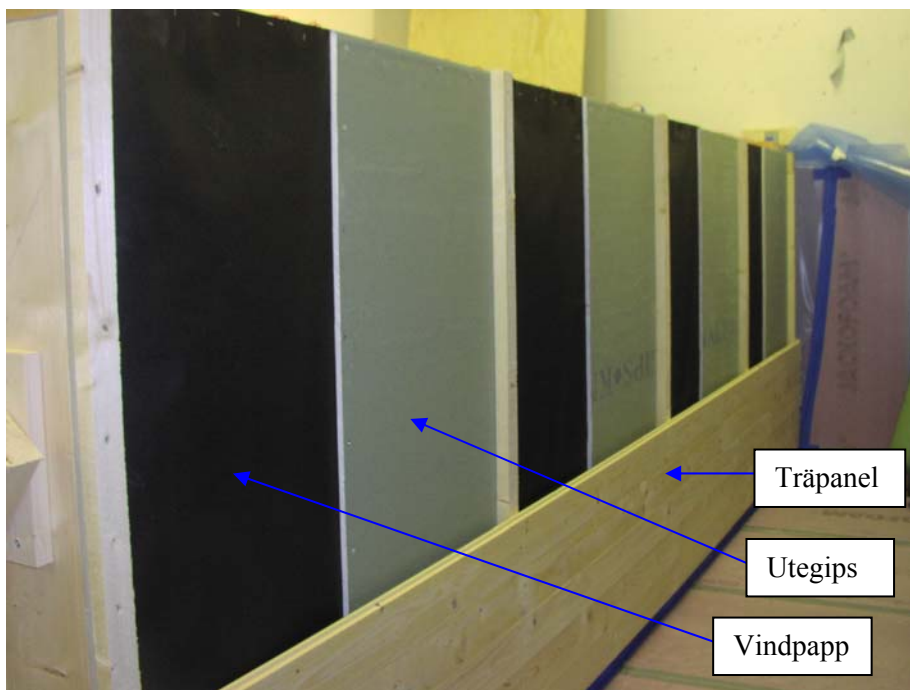
5.4 Mätutrustning och mätpunkternas placering

5.4.1 Provvägg 1-4 (väggsektion 1)

Den mätutrustning som har använts i väggsektion 1 består av korta mässingsspikar med lödda förlängningskablar (i gipsskiva, utegips samt träregelverk), ingjutna elektroder (i fästmassa) alternativt elektroder fasttejpade på läskapper (innanför vindskyddspapp) som kopplats till en fuktkvotsmätare.

I varje provvägg på väggsektion 1 finns en mätpunkt i gipsskivan, två mätpunkter i den stående regeln, två mätpunkter i syllen, två mätpunkter i utegipsen, två mätpunkter i läskapper innanför vindpappen samt en mätpunkt i fästmassan. Mätpunkternas placering för väggsektion 1 redovisas i bilaga 2.

I denna väggsektion har även temperatur och relativ fuktighet mätts med hjälp av elektriska dataloggrar. Loggrarna har placerats i rumsluften (2st), i klimatkammaren på väggsektionens utsida (2 st) samt innanför vindskyddet av utegips alternativt vindskyddspapp (8 st) för de fyra tätskikten.



Fotografi 7. Montering av utvändig träpanel med luftspalt på väggelement 1. Mätutrustningen är placerad på vindskyddens insida (inne i väggen).

5.4.2 Provvägg 5-12 (väggsektionerna 2, 3 och 4)

Den mätutrustning som har använts i väggsektionerna 2, 3 och 4 består av korta mässingsspikar med lödda förlängningskablar (i gipsskiva) alternativt ingjutna elektroder (i fästmassa) som kopplats till fuktkvotsmätare.

I varje provvägg på dessa väggsektioner förekommer fyra mätpunkter i gipsskivan, mellan tätskiktet och plastfolien, samt en mätpunkt i fästmassan. Mätpunkternas placering för väggsektionerna 2, 3 och 4 redovisas i bilaga 2.

5.4.3 Vattenbelastning på provväggar

Duschning av provväggarna har skett med hjälp av dysor. Dysorna kopplades ihop med ett bevattningsaggregat som automatiskt spred en jämn vattendimma mot provväggarna två gånger per dag i 15 minuter (total tid 30 minuter varje dygn). På varje väggsektion monterades fem dysor som totalt gav ca 5 liter vatten i minuten per väggsektion, vilket är ett lägre flöde jämfört med en vanlig dusch. Dysorna monterades ca 90 cm upp från nedkant vägg och avståndet mellan provväggarna och dysorna har varit ca 50 cm. Vattentemperaturen har under provtiden legat på ca 40 °C. Vattenavledningen har skett med plåtrännor som med hjälp av lutning dränerat bort duschvattnet till golvbrunnar.



Fotografi 8. Dysor och vattenavledning, väggelement 2.

5.4.4 Kylanläggning

Till provvägg 1-4 (väggsektion 1) har kyla tillförts ett isolerat utrymme på väggens utsida (ca 5 m³) med hjälp av en kylanläggning. Kylanläggningen har haft dubbla kylaggregat så att kontinuerlig drift möjliggjorts även vid hög fuktbelastning, dvs när det ena aggregatet har gått har det andra avfuktats från isbildning. Eftersom kylanläggningen både kyla och cirkulerar luften inne i klimatkammaren fungerar den även som avfuktare.

6 Mätning av ånggenomgångsmotstånd

I samband med att varje primer/ångspärr och tätskiktsmassa applicerades på provväggarna rollades även dessa material på en separat gipsskiva (0,5 x 1,0 meter). Appliceringen på gipsskivorna utfördes på samma sätt och samtidigt som på provväggarna, dvs enligt monteringsanvisningarna för respektive tätskikt med undantag av tätskikt 1 där vi medvetet applicerade halva mängden primer och tätskiktsmassa.

6.1 Provmetod

Ånggenomgångsmotståndet har provats med koppmetoden (SS-EN ISO 12572). Metoden går ut på att provkroppar med tätskikt placeras som lock på en burk med salt och vatten (mättad saltlösning). Burken placeras i ett klimatrum med stabil temperatur och relativ fuktighet. Burkens vikt mäts med jämna mellanrum och viktändringen är ett mått på ångvandringen genom provkroppen. När viktändringen per tidsenhet är konstant kan tätskiktets ånggenomgångsmotstånd beräknas.

Praktiskt har provet gått till på följande sätt. Fem provkroppar med känd area har sågats ut från gipsskivan efter att tätskiktet applicerats och legat i stabilt klimat under minst två månader. Provkropparna placerades sedan som lock på varsin diffusionstät burk med tätskiktet mot saltlösningen. Anslutningen mellan burk och provkropp tätades.

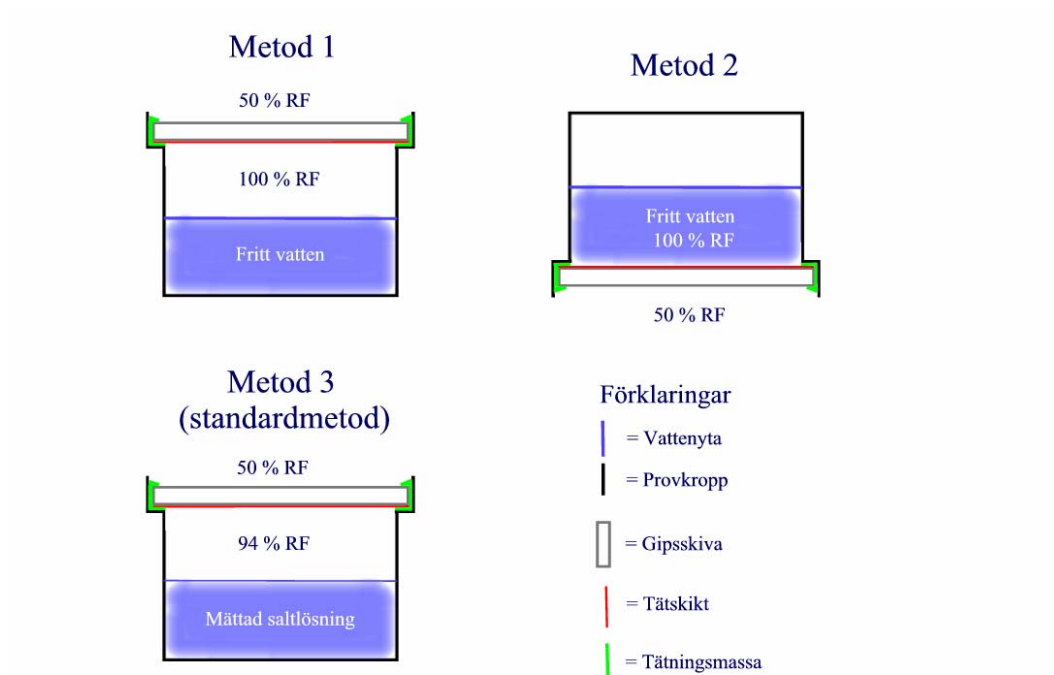
6.1.1 Nya regler för mätning av ånggenomgångsmotstånd

Ånggenomgångsmotståndet hos de flesta material är beroende av användningen. Ju högre relativ fuktighet materialet utsätts för desto lägre blir materialets ånggenomgångsmotstånd. Detta har lett till att en ny text under allmänna råd har införts i BBR under avsnittet för vattentäta skikt (se kapitel 4). Den nya texten anger att ånggenomgångsmotståndet för ett vattentätt skikt bör bestämmas vid förhållanden som liknar det aktuella fallet, t.ex. mellan 75 % och 100 % RF.

Alla provningar som tidigare har utförts på dessa tätskikt har skett mellan 50 % och 94 % RF. Detta skulle kunna ha lett till ett överskattat värde på tätskiktets ånggenomgångsmotstånd.

I vårt projekt har vi valt att prova alla rollade tätskikt (tätskikt 1-8) mellan 50 % och 100 % RF. Vi har även valt att därefter vända på provkropparna och belasta tätskiktet med fritt vatten för att se om detta skulle ge skillnader på tätskiktets ånggenomgångsmotstånd.

Som jämförelse med de olika provningsmetoderna har vi även valt att prova två tätskikt enligt den gamla provningsmetoden mellan 50 % och 94 %.



Figur 1. Metoder för diffusionsprovning av tätskikt.

Tätskikt 1-8 har provats med mätmetod 1 och 2. På tätskikt 2 och 3 har även mätningar utförts med mätmetod 3.

6.2 Resultat

De resultat som redovisas nedan i diagram 1 är medelvärden av fem provkroppar enligt mätmetod 1.

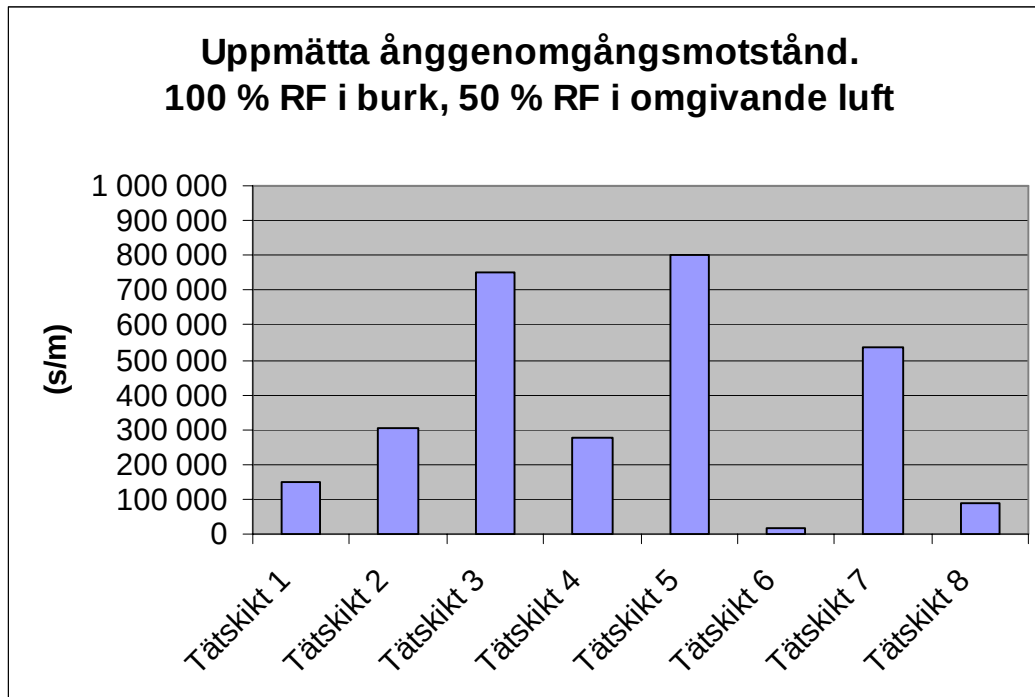


Diagram 1. Resultat från provning av ånggenomgångsmotstånd enligt mätmetod 1.

Som ovanstående diagram visar förekommer det stora skillnader i ånggenomgångsmotstånd mellan de provade tätskikten. Intressant är att de tre tätskikten med ångspärr (tätskikt 3, 5 och 7) är betydligt bättre jämfört med övriga tätskikt. Det är dock inget tätskikt som uppfyller rådtexten i BBR på ett ånggenomgångsmotstånd på minst 1 000 000 s/m. Tätskikt 6 som har ett ånggenomgångsmotstånd på endast 15 000 (s/m) är den enda primerfria produkten i försöket. Notera även att ånggenomgångsmotståndet på tätskikt 1, där vi medvetet endast använt halva den anvisade mängden primer och tätskiktsmassa, har precis halva värdet av tätskikt 2 som är samma tätskikt fast med rätt mängd primer och tätskiktsmassa.

Observera att ånggenomgångsmotståndet på ett tätskikt som provas enligt rekommendationerna i BBR, dvs där tätskiktet belastas med en relativ fuktighet på 100 % och drivs mot en relativ fuktighet på 75 %, kan bli ännu lägre jämfört med de värden som redovisas i diagram 1, där tätskiktet har belastats med en relativ fuktighet på 100 % och drivits mot en relativ fuktighet på 50 %.

Resultaten från mätningarna med fritt vatten som drivs mot 50 % RF (mätmetod 2) redovisas i bilaga 3. Resultaten visar ingen större skillnad jämfört med resultaten ovan från mätningarna med 100 % RF som drivs mot 50 % RF (mätmetod 1). Anledningen till att dessa resultat inte skiljer sig åt kan vara att det blir kondens på tätskiktet när man använder sig av mätmetod 1 på grund av att det ibland blir små temperatursänkningar i provburkarna. Med detta resonemang är mätmetod 1 och 2 likartade.

Resultaten från mätningarna med 94 % RF som drivs mot 50 % RF (mätmetod 3) visar högre värden jämfört med mätningarna med 100 % RF som drivs mot 50 % RF (mätmetod 1), se nedanstående resultat i diagram 2.

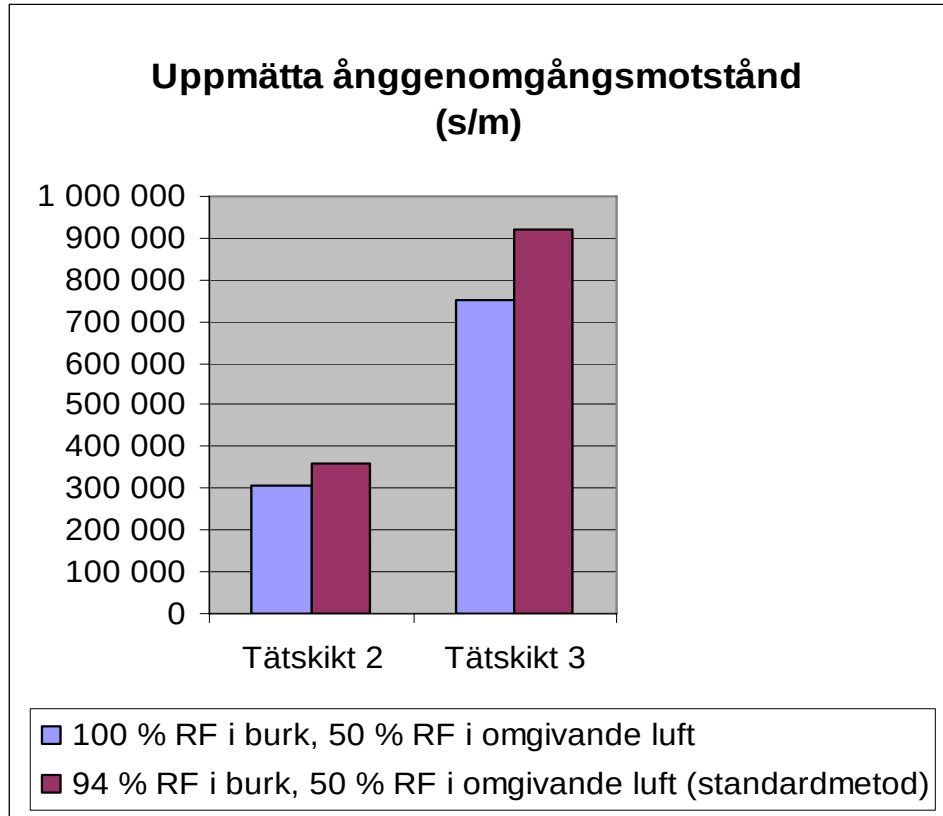


Diagram 2. Ånggenomgångsmotstånd för samma tätskikt med olika mätmetoder.

Mätningarna visar att ånggenomgångsmotståndet med mätmetod 1 blir 15 % lägre för tätskikt 2 och 18 % lägre för tätskikt 3 jämfört med mätmetod 3. Resultaten tyder på att tätskiktets ånggenomgångsmotstånd varierar beroende på vilken relativ fuktighet som tätskiktet utsätts för. Ju högre relativ fuktighet desto lägre blir ånggenomgångsmotståndet. Resultatet visar också att den gamla provningsmetoden ger ett för högt värde eftersom tätskiktet i verkligheten sannolikt utsätts för fritt vatten i fästmassan, dvs en relativ fuktighet på 100 %.

7 Resultat av fuktmätningarna

I de beräkningar som tidigare utförts (Jansson, 2005) redovisas fukten i konstruktionen som relativ fuktighet (RF). I detta projekt har vi mätt både relativ fuktighet och fuktkvot. Sambandet mellan dessa båda enheter framgår av materialens sorptionskurvor. Sådana kurvor finns för trä. I projektet har vi antagit att gipsskiva med pappskikt har liknande sorptionskurva.

De kritiska värdena då det vid längre varaktighet kan bli påväxt av mikroorganismer på gipsskivan med pappskikt eller träregelverket är ca 80 % relativ fuktighet eller en fuktkvot på ca 0,18 kg/kg (Johansson, 2005).

7.1 Byggfukt med rollat tätskikt, väggsektion 2 och 4

Eftersom rollade tätskikt är vattenbaserade kommer fukt att tillföras gipsskivan vid applicering. När sedan väggen kaklas kommer även fukten från fästmassan att belasta väggen. Dessa fuktkällor benämns som byggfukt i denna rapport och effekten av dessa redovisas nedan i diagram 3. Varje kurva är ett medelvärde av de fyra mätpunkterna i gipsskivan, förutom för tätskikt 1, 2, 4 och 6 mellan vecka 1 och 7 som utförts på separata gipsskivor och endast visar medelvärdet av två mätpunkter.

Kurvorna i diagram 3 beskriver fuktkvoten i gipsskivan mellan tätskikt och plastfolie. Anledningen till att värdena slutar efter 11 veckor för tätskikt 7, 5, 3 och 8 (väggsektion 4) är att denna väggsektion byggdes vid ett senare tillfälle än väggsektion 2 (tätskikt 1, 2, 4 och 6). Första mätvärdena är uppmätta före applicering av tätskikten. Efter sju veckor kaklades väggarna.

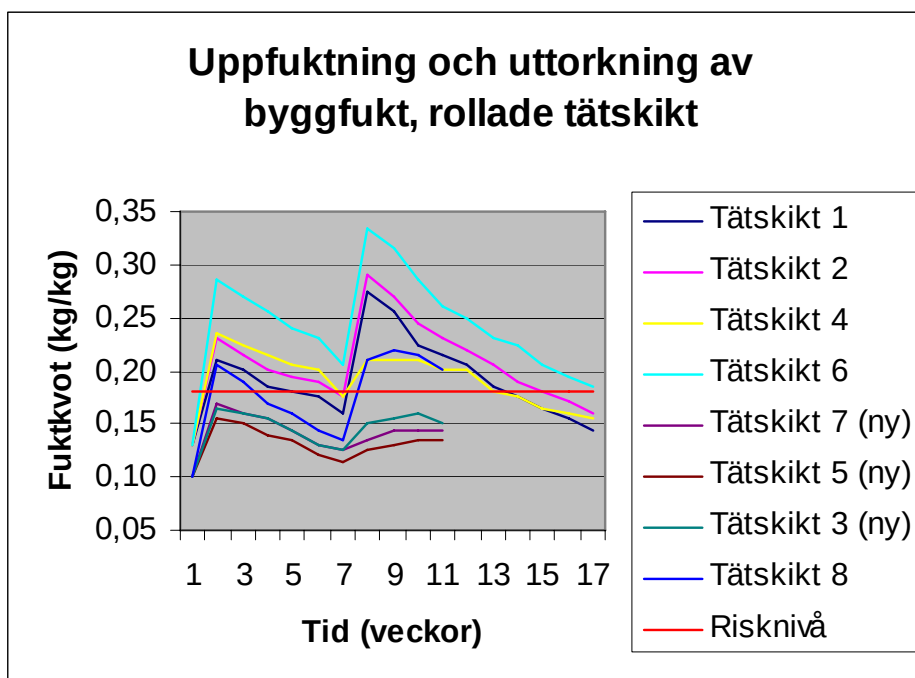


Diagram 3. Uppfuktning och uttorkning av byggfukt innan vattenbelastning genom duschning. Röd linje visar risknivån för mikrobiell påväxt.

Från startvärdet med en fuktkvot på mindre än 0,13 kg/kg i gipsskivan ökar fuktkvoten relativt mycket direkt efter applicering av tätskiktet för att sedan sakta torka ut. När sedan väggarna kaklas ökar fuktkvoten igen, för att åter sakta torka ut.

Uppfuktningen av gipsskivan på grund av byggfukt var betydligt lägre i väggarna med ”ångspärr” (tätskikt 3, 5 och 7) jämfört med övriga tätskikt och inte tillräckligt hög för att mögel skulle kunna etablera sig och fortleva. I väggar med tätskikt utan ”ångspärr” (tätskikt 1, 2, 4, 6 och 8) skedde dock i samtliga fall en uppfuktning i gipsskivan som var över gränsvärdet för mikrobiell påväxt ($>0,18$ kg/kg) vilket visar att även byggfukten kan ha betydelse i denna konstruktion.

I verkligheten har gipsskivan inte samma möjlighet att torka ut som i detta försök eftersom väggarna oftast kaklas bara någon dag efter det att tätskiktet har applicerats. Skulle man sedan börja duscha på dessa väggar innan byggfukten har torkat ut kommer gipsskivan att vara fuktig direkt efter applicering av tätskiktet utan möjlighet att torka ut.

7.2 Byggfukt med folier, väggsektion 3

I denna väggsektion förekommer inga rollade tätskikt. Tätskikten består istället av olika folier (typ ångbroms, underlagspapp etc) med angivna ånggenomgångsmotstånd. Observera att vi inte utfört någon egen provning på ånggenomgångsmotståndet utan att detta värde har hämtats från respektive materialtillverkare.

Eftersom inte gipsskivan tillfördes någon fukt vid appliceringen av dessa tätskikt (folier) är det endast byggfukten från fästmassan som har givit ett fuktillskott på denna väggsektion. Första mätvärdena är uppmätta innan applicering av fästmassa och kakel.

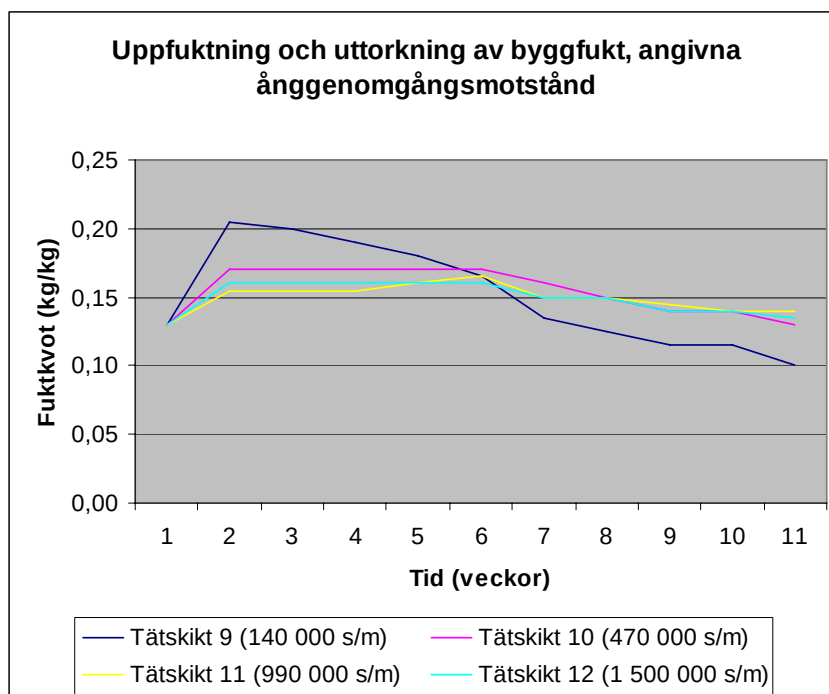


Diagram 4. Uppfuktning och uttorkning av byggfukt innan vattenbelastning genom duschning. Kurvorna beskriver fuktkvoten i gipsskivan mellan folie och plastfolie och är ett medelvärde av fyra mätpunkter.

Uppfuktningen och uttorkningen av gipsskivan för tätskikt 9 (140 000 s/m) gick snabbare än för tätskikt 10, 11 och 12 med högre ånggenomgångsmotstånd.

7.3 Provväggar med plastfolie och rollade tätskikt

Efter att byggfukten i fästmassan och i gipsskivan torkat ut, med undantag från gipsskivan bakom tätskikt 8, började väggarna vattenbegjutas. Indikationsmätningarna i fästmassan i mätpunkterna 17:1-4 samt 20:1-4 visade att det tog mindre än en vecka för fästmassan att bli fuktig med normal duschning 2 gånger per dag (fuktkvot $\geq 0,99$ kg/kg). Fästmassan förblev sedan fuktig under hela mätperioden.

Sedan duschningen påbörjades steg fuktkvoterna i gipsskivan, se diagram 5 nedan. Kurvorna visar medelvärdet av de fyra mätpunkterna som finns i gipsskivan mellan tätskiktet och plastfolien.

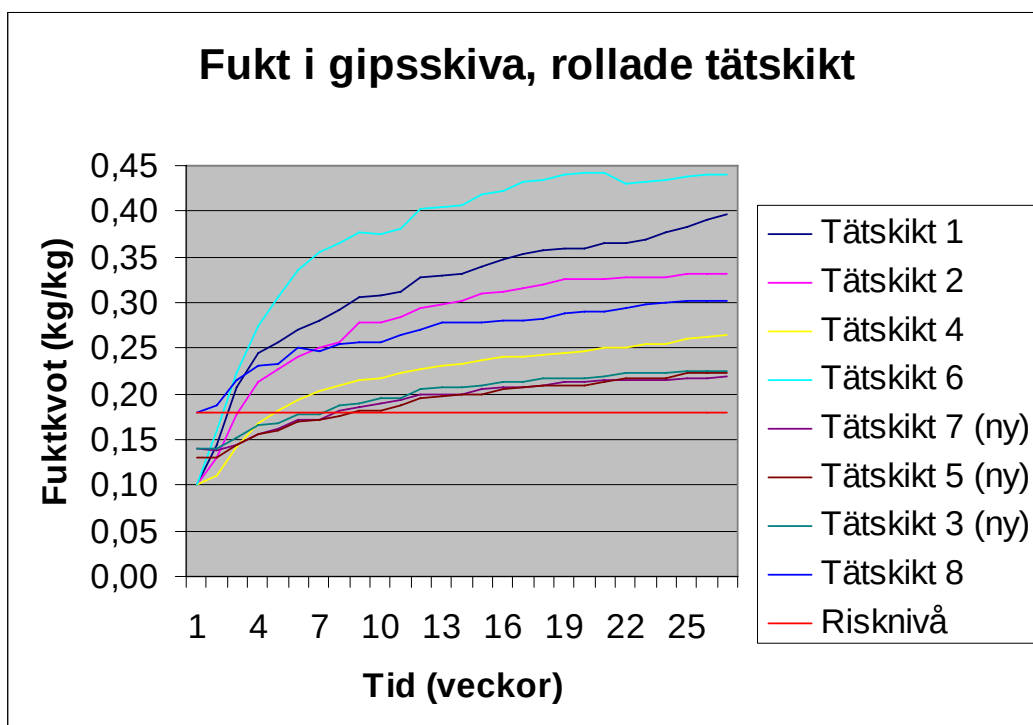


Diagram 5. Resultat av fuktmätning i gips med rollade tätskikt efter vattenbelastning genom duschning. Röd linje visar risknivå för mikrobiell påväxt.

Diagrammet visar att fuktkvoten i gipsskivan blir högre än gränsen för mikrobiell påväxt redan efter fyra veckor för de tätskikt som har lågt ånggenomgångsmotstånd och efter ca 10 veckor för samtliga tätskikt. Notera också att det är stor skillnad på de uppmätta fuktkvotsvärdena mellan tätskikt med "ångspärr" (tätskikt 3, 5 och 7) jämfört med övriga tätskikt (tätskikt 2, 4, 6 och 8).

När provningen avslutats frilades provväggarna utifrån så att gipsskivan blev åtkomlig för fuktmätning och okulär kontroll. Fuktkvoten mättes i gipsskivan med hjälp av en fuktkvotmätare där stiften trycktes in i gipsskivan genom plastfolien. Även temperatur och relativ fuktighet uppmättes, med hjälp av elektriska instrument, i provväggarna mellan gipsskiva och plastfolie. Uppmätta fuktvärden i gipsskivan efter friläggning samt uppmätta ånggenomgångsmotstånd på respektive rollat tätskikt redovisas i tabell 4. Den uppmätta fuktkvoten som redovisas i tabellen är ett medelvärde av fyra mätpunkter centralt i provväggarna.

Tabell 4. Uppmätta fuktvärden samt ånggenomgångsmotstånd, rollade tätskikt

Rollade tätskikt	Ånggenomgångsmotstånd enligt metod 1 (s/m)	Fuktkvot i gips efter friläggning (kg/kg)	RF mellan gipsskiva och plastfolie (%)
6	15 000	0,67	100
8	90 000	0,43	100
1	150 000	0,43	100
4	275 000	0,27	98
2	305 000	0,37	100
7	535 000	0,22	90
3	750 000	0,22	89
5	800 000	0,22	89

Som tabellen visar är de uppmätta fuktkvoterna efter friläggning högre jämfört med de fuktkvoter som mätts under projektets gång. Detta beror på att mätpunkternas placering varit annorlunda (tidigare uppmätta värden kontrollerades vid friläggningen). Resultaten från fuktmätningarna stämmer också relativt bra med vad som förväntas med de uppmätta ånggenomgångsmotstånden, dvs ett lågt ånggenomgångsmotstånd på tätskiktet ger en hög fuktighet i gipsskivan mellan tätskiktet och plastfolien. Det enda undantaget till detta resonemang är tätskikt 2 som borde ha haft lägre fuktighet än vad vi har uppmätt.

7.4 Provväggar med plastfolie och tätskikt av folier

Efter att byggfukten i fästmassan torkat ut började väggarna vattenbegjutas. Duschning på kaklet utfördes som tidigare har beskrivits. Även här utfördes indikationsmätningar i fästmassan med samma resultat som i övriga provväggar.

När duschningen påbörjades steg fuktkvoterna i gipsskivan, se diagram 6 nedan. Kurvorna visar medelvärdet av de fyra mätpunkterna som finns i gipsskivan mellan tätskiktet av folier och plastfolien.

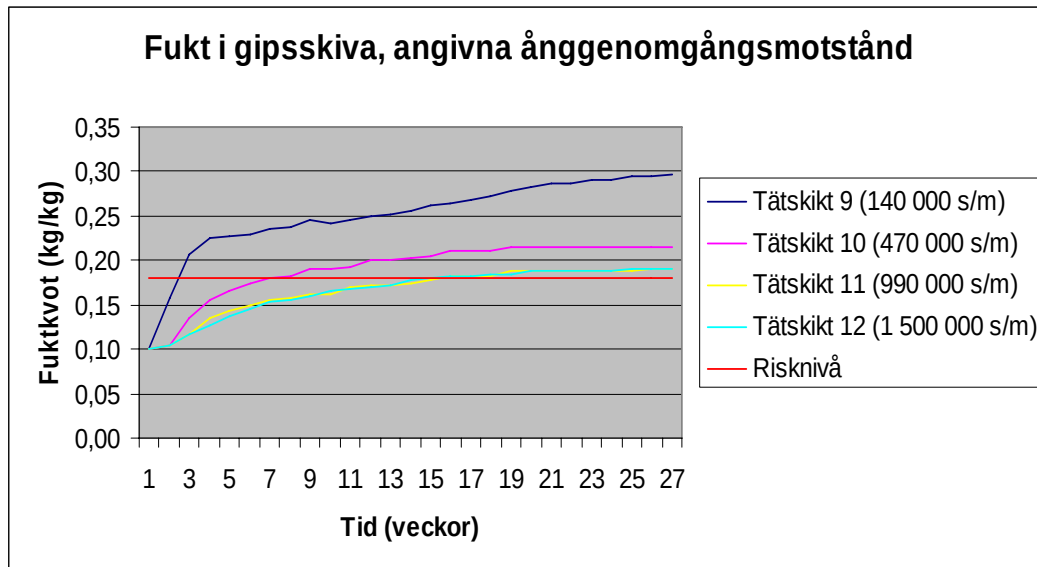


Diagram 6. Fuktmätning i gips med folier som tätskikt efter vattenbelastning genom duschning. Röd linje visar risknivån för mikrobiell påväxt.

Diagrammet visar att fuktkvoten i gipsskivan stiger rätt kraftigt i början för tätskikt 9, som har det lägsta angivna ånggenomgångsmotståndet på ca 140 000 (s/m), för att sedan långsamt plana ut. Fuktkvoten stiger till värden som är högre än 0,28 kg/kg, vilket motsvarar en relativ fuktighet på 100 %. Detta resultat stämmer bra med tidigare utförda beräkningar.

För tätskikt 10, som har ett angivet ånggenomgångsmotstånd på ca 470 000 (s/m), stiger fuktkvoten relativt långsamt för att stabilisera sig på 0,22 kg/kg i gipsskivan. Även detta resultat stämmer bra med tidigare utförda beräkningar och de provningar som utförts på rollade tätskikt med ungefär samma ånggenomgångsmotstånd.

För tätskikt 11 och 12, som har ett angivet ånggenomgångsmotstånd på ca 990 000 (s/m) respektive ca 1 500 000 (s/m), stiger fuktkvoten långsamt för att stabilisera sig på 0,19 kg/kg i gipsskivan och därmed viss risk för mikrobiell påväxt. Mätvärdena visar, i likhet med tidigare utförda beräkningar, att det finns en risk för fuktskador i denna typ av konstruktion även om tätskiktet har ett så pass högt ånggenomgångsmotstånd som 1 000 000 (s/m).

Efter att provningen avslutades frilades även dessa provväggar utifrån så att gipsskivan blev åtkomlig för fuktmätning och okulär kontroll. Fuktmätning utfördes på samma sätt i dessa provväggar som i provväggarna med rollade tätskikt. Uppmätta fuktnivåer i gipsskivan efter friläggning samt angivet ånggenomgångsmotstånd på respektive tätskikt av folier redovisas i tabell 5. Den uppmätta fuktkvoten som redovisas i tabellen är ett medelvärde av fyra mätpunkter centralt i provväggarna.

Tabell 5. Uppmätta fuktvärden samt ånggenomgångsmotstånd, tätskikt av folier

Tätskikt av folier	Ånggenomgångsmotstånd enligt tillverkare (s/m)	Fuktkvot i gips efter friläggning (kg/kg)	RF mellan gipsskiva och plastfolie (%)
9	140 000	0,37	100
10	470 000	0,22	90
11	990 000	0,19	83
12	1 500 000	0,19	82

Som tabellen visar är de uppmätta fuktkvoterna efter friläggning lite högre jämfört med de fuktkvoter som mätts under projektets gång. Detta beror på att mätpunkternas placering varit annorlunda (tidigare uppmätta värden kontrollerades vid friläggningen). Även dessa resultat stämmer relativt bra med vad som förväntas med de uppmätta ånggenomgångsmotstånden, dvs ett lågt ånggenomgångsmotstånd på tätskiktet ger en hög fuktighet i gipsskivan mellan tätskiktet och plastfolien.

Varför fuktkvoten inte blir lägre i gipsskivan bakom tätskikt 12 jämfört med tätskikt 11, trots stor skillnad i angivet ånggenomgångsmotstånd, kan vi inte svara på. Vi vill dock åter igen påpeka att vi inte har utfört någon provning av ånggenomgångsmotståndet av dessa tätskikt (folier) vilket skulle kunna vara en förklaring.

7.5 Provväggar utan plastfolie

Uppmätta fuktkvoter i provvägg 1-4 (väggsektion 1) redovisas i tabellform i bilaga 4. I bilaga 5 redovisas resultatet från de elektriska dataloggrarna som varit placerade inne i provväggarna, i klimatkammaren och i inneluften.

De uppmätta fuktkvoterna i träregelverket och i gipsen var låga ($\leq 0,11$ kg/kg) innan försöket startades. Under försökstiden på ca 3 månader ökade fuktkvoterna inte nämnvärt i någon mät punkt förrän kylanläggningen slogs av och det blev plusgrader i provväggarna. Då ökade fuktkvoten kraftigt i mätpunkterna 2f-h och 4f-h vilket tyder på att kondens hade bildats innanför vindskyddet av vindpapp i dessa mätpunkter. När vi frilade väggarna förekom fritt vatten på insidan av vindpappen i provvägg 2 (tätskikt 6) och provvägg 4 (tätskikt 2). Kondensvatten hade runnit på insidan av vindpappen och ner på syllen, vilket förklarar de höga mätvärdena i mätpunkterna 2f-h och 4f-h. På vindskydden i övriga väggar fanns inga tecken på fuktmarkeringar eller rinnmärken.

Det som hände under provningen var förmodligen att kondensvattnet frös till is vilket vi inte kunde fånga upp med våra mätmetoder. När kylanläggningen stängdes av tinade isen och väggen blev fuktig. Mängden kondensvatten var större i provvägg 2 jämfört med provvägg 4, vilket stämmer bra med tanke på uppmätta ånggenomgångsmotstånd för dessa tätskikt.

Översiktligt kan resultatet för denna provning redovisas med figur 2 nedan.

Provvägg 1 Tätskikt 7 535 000 s/m	Provvägg 2 Tätskikt 6 15 000 s/m	Provvägg 3 Tätskikt 3 750 000 s/m	Provvägg 4 Tätskikt 2 305 000 s/m
Gips	Gips	Gips	Gips
Vindpapp	Vindpapp	Vindpapp	Vindpapp
	Kondens		Kondens

Figur 2. Resultat av provväggar utan plastfolie med kallt klimat på utsida väggar och duschning två gånger per dag under ca 3 månaders tid, väggsektion 1.

Som figur 2 ovan visar blev det kondens på insidan av vindpappen bakom de två tätskikt som hade relativt lågt ånggenomgångsmotstånd, vilket stämmer med tidigare utförda beräkningar (Jansson, 2005). Detta visar att det finns en risk för fuktskador i utsidan av väggkonstruktionen om plastfolien tas bort i samband med lågt ånggenomgångsmotstånd på tätskiktet.

Eftersom det bara blev kondens på vindpappen och inte på utegipsen utfördes nya beräkningar på denna konstruktion. Dessa beräkningar visade, precis som provningen, att risken för kondens i utsidan av väggkonstruktionen med utegips som vindskydd minskade jämfört med vindpapp som vindskydd. Detta beror sannolikt på att ånggenomgångsmotståndet på utegipsen är lägre jämfört med den provade vindpappen. Gipsskivan har också förmåga att buffra en viss mängd fukt vilket vindpappen saknar. Beräkningarna visar dock att vi borde fått kondens innanför vindskyddet av utegips i provvägg två (tätskikt 6). Varför vi inte fick kondens i denna vägg med gipsskiva som vindskydd har vi i dagsläget ingen förklaring på.

Mätningen av relativ fuktighet och temperatur i väggarna med hjälp av elektriska dataloggar redovisas som tidigare nämnts i bilaga 5. Mätresultaten visar ingen större skillnad mellan de olika tätskikten så länge kylanläggningen är påslagen. Först efter att det blivit plusgrader i väggarna visar dataloggarna på en hög relativ fuktighet innanför vindskyddspappen i provvägg 2 (tätskikt 6) och provvägg 4 (tätskikt 2).

Vad detta beror på kan vi inte svara på. En förklaring skulle kunna vara att baksidan av hårdplast på de elektriska dataloggrarna hindrar fukten att diffundera ut till vindskyddet. Med denna teori skulle luften mellan dataloggrarna och vindskyddet ställa sig i jämvikt med luften i klimatkammaren eftersom dataloggrarna i stort sett ligger dikt an mot vindskyddet. Denna teori stöds av det faktum att den uppmätta ånghalten vid dataloggrarna innanför vindskyddet har varit lika med eller marginellt högre jämfört med luften i klimatkammaren.

8 Slutsatser

Mätningarna i denna rapport styrker i allt väsentligt beräkningarna (Jansson, 2005) som visade att tätskiktet i våtrumsytterväggar med kakel måste ha ett högt ånggenomgångsmotstånd för att konstruktionen skall klara sig.

Provningarna visar att det är stor risk för fuktskador i skivan bakom kaklet i våtrumsytterväggar om plastfolie förekommer i konstruktionen i kombination med lågt ånggenomgångsmotstånd på tätskiktet. Anledningen till detta är att fukt diffunderar igenom tätskiktet och ackumuleras i gipsskivan mellan tätskiktet och plastfolien utan möjlighet att torka ut.

I det fall man har plastfolie i konstruktionen kan man heller inte bortse från byggfukten vid applicering av rollade tätskikt samt fästmassan för kaklet.

Provningarna visar också att det finns risk för fuktskador i ytterväggens utsida om man tar bort plastfolien i väggkonstruktionen i samband med ett lågt ånggenomgångsmotstånd på tätskiktet och ett icke diffusionsöppet vindskydd. I detta fall diffunderar fukt från fästmassan igenom tätskiktet och vidare ut i konstruktionen för att ackumuleras innanför vindskyddet under vinterhalvåret. Denna konstruktion har dock uttorkningsmöjligheter under sommarhalvåret.

Risken för fuktskador ökar i de fall där mindre mängd primer/ångspärr samt tätskiktsmassa appliceras än den mängd som rekommenderas enligt anvisningarna för respektive tätskiktssystem.

9 Förslag till bättre konstruktioner

En fuktsäkerhetsprojektering skall alltid utföras på våtrumsytterväggar med kakel. Nedanstående rekommendationer kan dock ses som en vägledning i detta arbete.

9.1 Yttervägg med plastfolie

Om fuktkänslig skiva skall användas som underlag för ett rollat tätskikt bör ånggenomgångsmotståndet på tätskiktet vara $\geq 1\,500\,000$ s/m för att minska risken för fuktskador. Skall man vara helt säker på att undvika skador bör ånggenomgångsmotståndet på tätskiktet vara $\geq 2\,000\,000$ s/m. Erfarenhetsmässigt förekommer det sällan skador på grund av diffusion i konstruktioner där man använt tätskikt med detta höga värde.

Om en mera fukttålig skiva används som underlag för ett rollat tätskikt istället för en fuktkänslig skiva bör tätskiktets ånggenomgångsmotstånd vara $\geq 1\,000\,000$ (s/m) för att undvika fuktskador. Skälet till detta är att det alltid finns risk för mikrobiell påväxt på skräp på skivan vilket motiverar kravet på ett relativt högt ånggenomgångsmotstånd.

9.2 Yttervägg utan plastfolie

Om plastfolien avlägsnas i väggkonstruktionen bör följande tre kriterier uppfyllas för att undvika fuktskador i väggens utsida:

- Ånggenomgångsmotståndet på tätskiktet bör vara $\geq 1\,000\,000$ (s/m).
- Konstruktionens lufttätthet måste säkerställas. Om detta sker med en ångbroms skall denna placeras på väggens varma sida.
- Vindskyddet skall vara diffusionsöppet (helst lägre än $10\,000$ s/m).

10 Diskussion

Med fuktmätningarna i denna rapport som bakgrund är det rimligt att tänka sig att de omfattande fuktskador på kaklade våtrumsytterväggar som vi sett i våra skadeutredningar mycket väl kan ha orsakats av fuktdiffusion och/eller kapillärsugning. Den höga fuktbelastning som dessa konstruktioner utsätts för, på grund av fukten i fästmassan, i kombination med ett icke fungerande tätskikt leder till hög fuktighet i gipsskivan.

Det bör påpekas att det inte har förekommit några genomföringar i våra provväggar och att rätt mängd primer/ångspärr samt tätskiktsmassa har applicerats av behörig och kunnig personal under övervakning av personal från SP. Fukten i gipsskivorna i dessa väggar har tillförts genom diffusion alternativt kapillärsugning genom tätskikten.

En viktig aspekt som upptäcktes under genomförandet av detta projekt är att byggfukten från de rollade tätskikten kan ha stor betydelse. I vårt projekt har vi gett konstruktionen uttorkningsmöjligheter efter applicering av tätskikt och kakel. I verkligheten sker oftast appliceringen av tätskikt och kakel med bara någon dags mellanrum. Skulle man sedan direkt börja duscha på dessa väggar så kommer gipsskivan att vara fuktig, från den dag man applicerade tätskiktet, och samtidigt ha begränsad möjlighet att torka ut.

I valet mellan plastfolie eller inte i väggkonstruktionen vill vi peka på att det viktigaste är att tätskiktet är tillräckligt bra för den valda konstruktionen. Provningarna visar på mindre risk för fuktskador i de väggar där tätskiktets ånggenomgångsmotstånd är över 1 000 000 s/m. Risken för fuktskador förekommer om tätskiktet har ett för lågt ånggenomgångsmotstånd oavsett om plastfolie förekommer i väggen eller inte.

För provväggarna 1-4 (väggsektion 1) som saknade plastfolie är vår bedömning att provningen med utegips som vindskydd kan ha gett ett ”snällare” resultat än vad som kan hända i verkligheten, speciellt för provvägg 2 där tätskiktet endast var 15 000 s/m enligt mätningen av ånggenomgångsmotståndet. Risken för fuktskador med vindskydd av utegips är dock mindre jämfört med vindpappen. Detta eftersom utegipsen har ett lägre ånggenomgångsmotstånd än den provade vindpappen.

I det fall att man tar bort plastfolien vill vi också påpeka att det idag förekommer konstruktioner där utsidan av konstruktionen är tätare än de vindskydd som provats i detta projekt. Som ett exempel på en sådan konstruktion kan vi nämna cellplast och puts utanför träregelverket.

I våra provväggar har inga prover för mikrobiologiska analyser tagits efter att försöket avslutades. Vi kan dock konstatera att det inte förekom någon synlig påväxt på något material när provningen upphörde. Detta beror sannolikt på att provningstiden har varit för kort. De uppmätta fuktvärdena har i många fall varit betydligt högre än vad som krävs för mikrobiell påväxt. Provväggarna har också byggts på ett lite annorlunda sätt jämfört med en vanlig väggkonstruktion. Dels har väggarna varit lufttäta, dels har ingående material inte varit smutsiga. I yttre delarna av provväggarna 1-4 (väggsektion 1) har även temperaturen varit låg. Alla dessa parametrar påverkar (minskar) risken för mikrobiell påväxt.

I de fall där man applicerar mindre mängd primer/ångspärr samt tätskiktsmassa än vad som rekommenderas blir ånggenomgångsmotståndet på tätskiktet lägre. I vår provning sänktes ånggenomgångsmotståndet med hälften om man applicerade halva mängden primer och tätskiktsmassa. Konstruktionens fuktsäkerhet är alltså beroende av att tillräcklig mängd primer/ångspärr samt tätskiktsmassa appliceras.

Till sist vill vi påpeka att ånggenomgångsmotståndet bör bestämmas vid förhållanden som liknar det verkliga fallet, dvs enligt rekommendationerna i BBR där tätskiktet belastas med en relativ fuktighet på 100 % och drivs mot en relativ fuktighet på 75 %. I annat fall kan de uppgivna värdena på tätskiktens ånggenomgångsmotstånd leda till fel vid fuktsäkerhetsprojekteringen och fuktskador. Observera att ett tätskikt som provas på detta sätt kan få ett ännu lägre värde på ånggenomgångsmotståndet än vad som redovisas i denna rapport där tätskiktet har belastats med en relativ fuktighet på 100 % och drivits mot en relativ fuktighet på 50 %.

Referenser

GRIMBE, K. NORDQVIST, L. *Uttorkning av fukt i våtrumsytterväggar – En jämförelse mellan tre byggtekniska lösningar*, Lunds Tekniska Högskola, 2005

HEDENBLAD, G. *Materialdata för fukttransportberäkningar*, Byggforskningsrådet, 1996

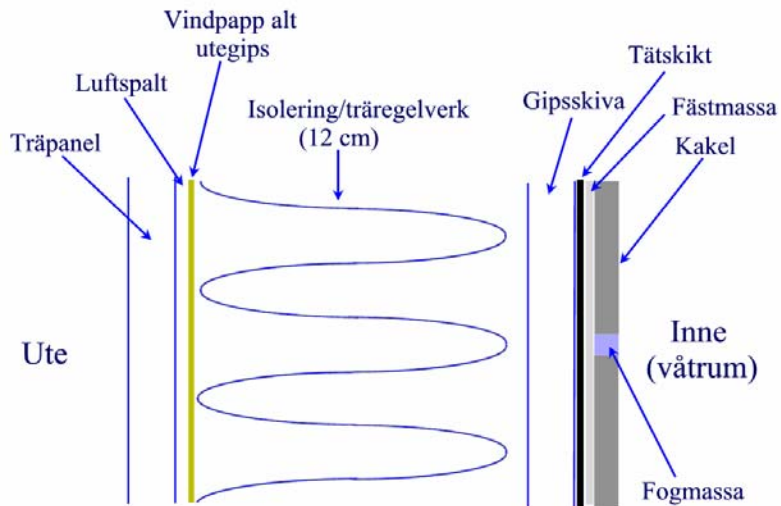
JANSSON, A. *Dubbla tätskikt i våtrumsytterväggar med keramiska plattor*, SP Rapport 2005:20, 2005

JOHANSSON, P. m fl. *Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggnadsmaterial - en kunskapssammanfattning*, SP Rapport 2005:11, 2005

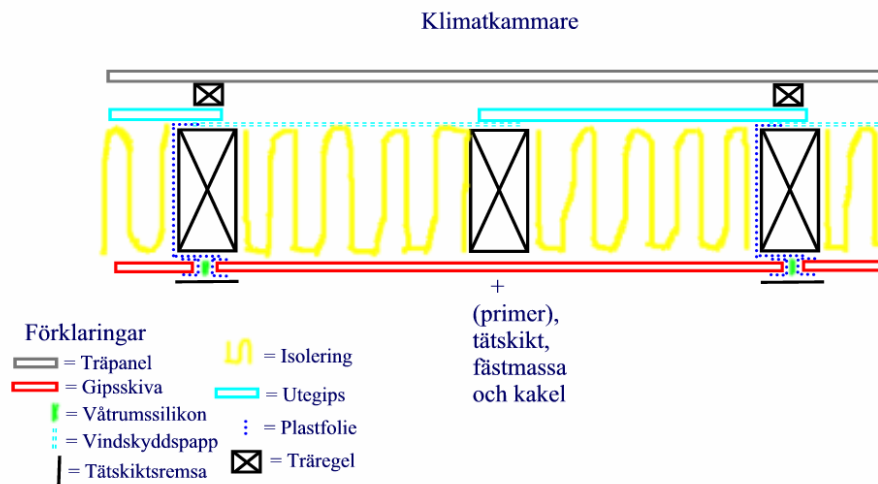
Bilaga 1 Konstruktionsritningar

Väggsektion 1

Konstruktion

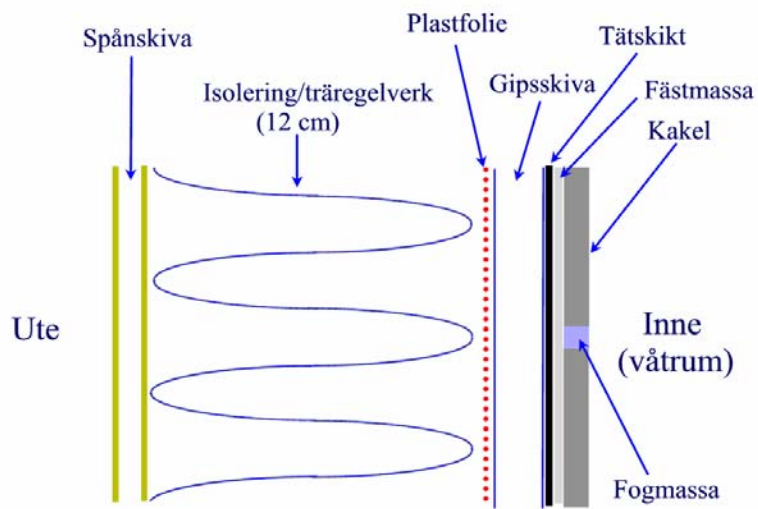


Detaljritning, snitt ovanifrån



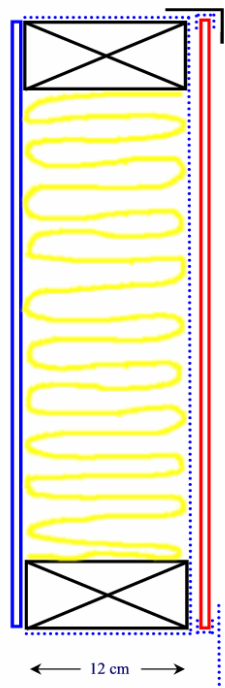
Väggsektion 2-4

Konstruktion



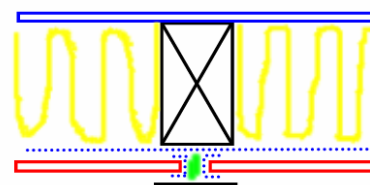
Detaljritning

Genomskärning



+ tätskiktssystem/folie, fästmassa och kakel

Snitt uppifrån vid skivskarv



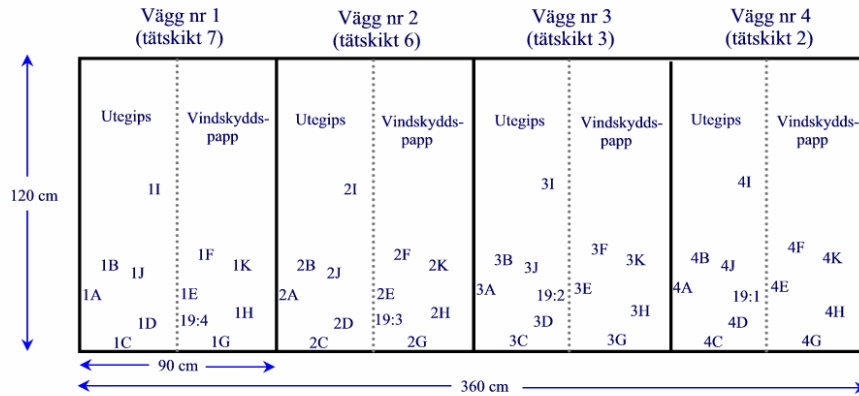
+
tätskiktssystem/folie,
fästmassa och kakel

Förklaringar

- = Spånskiva
- = Gipsskiva
- = Våtrumssilikon
- ... = Plastfolie
- | = Tätskiktsremsa
- ~ = Isolering
- X = Träregel

Bilaga 2 Mätpunkternas placering

Väggsektion 1



Förklaringar för väggsektion 1

Mätpunkterna A och E är placerade i stående regel, 23 cm upp från syll och 1 cm in från vindskydd (mässingsspikar med förlängningskabel).

Mätpunkterna B och D är placerade i vindskyddet av utegips, 36 cm respektive 6 cm upp från syll (mässingsspikar med förlängningskabel).

Mätpunkterna C och G är placerade i syllen, 1 cm in från vindskyddet (mässingsspikar med förlängningskabel).

Mätpunkterna F och H är placerade innanför vindskyddspapp, 36 cm respektive 20 cm upp från syll (elektroder fasttejpade på läskapper).

Mätpunkterna I är placerade i gipsskivan, 54 cm upp från syll (mässingsspikar med förlängningskabel).

Mätpunkterna J och K är placerade innanför vindskyddet, ca 30 cm upp från syll (elektriska dataloggrar).

Mätpunkterna 19:1-19:4 är placerade i fästmassan bakom kaklet och är endast en indikationsmätning på fuktigheten i fästmassan (ingjutna elektroder).

Väggsektion 2

	Vägg nr 5 (tätskikt 1)	Vägg nr 6 (tätskikt 2)	Vägg nr 7 (tätskikt 4)	Vägg nr 8 (tätskikt 6)
	5D	6D	7D	8D
	5A	6A	7A	8A 17:4
	5B	17:2 6B	7B	8B
	5C 17:1	6C	7C 17:3	8C
120 cm	360 cm			
	90 cm			

Väggsektion 3

Vägg nr 12 (tätskikt 12)	Vägg nr 11 (tätskikt 11)	Vägg nr 10 (tätskikt 10)	Vägg nr 9 (tätskikt 9)
12D	11D	10D	9D
12A	11A	10A	9A 18:1
12B	18:3 11B	10B	9B
12C 18:4	11C	10C 18:2	9C

Väggsektion 4

Vägg nr 13 (tätskikt 7)	Vägg nr 14 (tätskikt 5)	Vägg nr 15 (tätskikt 3)	Vägg nr 16 (tätskikt 8)
13D	14D	15D	16D
13B	14B 20:3	15B	16B 20:1
20:4 13C	14B	20:2 15C	16C
13A	14A	15A	16A

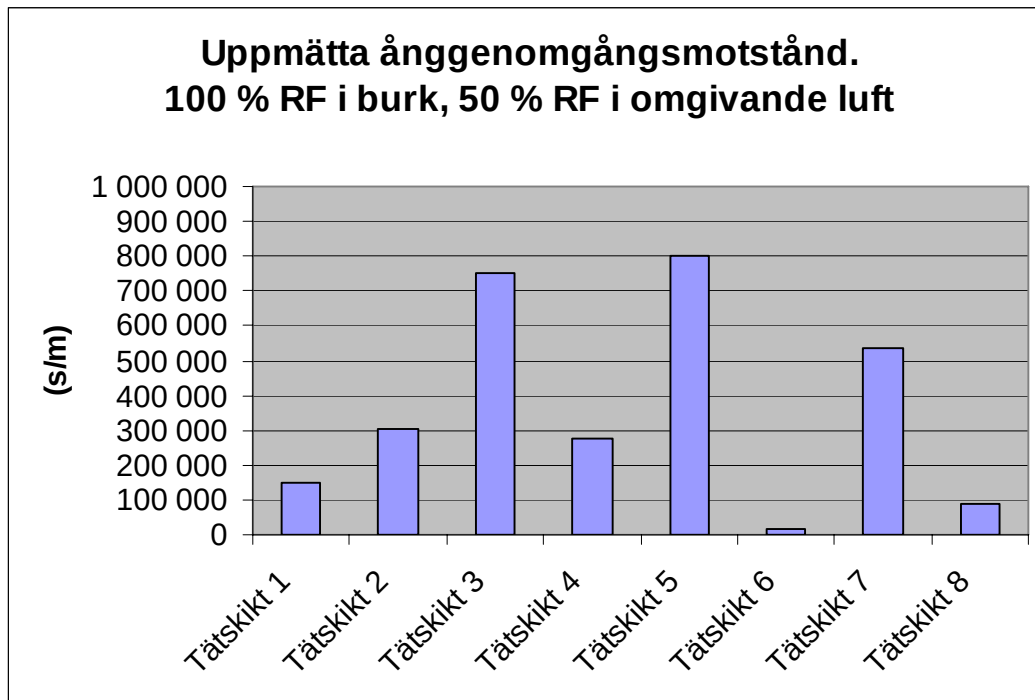
Förklaringar för väggsektion 2-4

Mätpunkterna A-D är placerade 10, 25, 30 respektive 80 cm upp i gipsskivan mellan tätskikt och plastfolie enligt ovanstående ritningar (mässingsspikar med förlängningskabel).

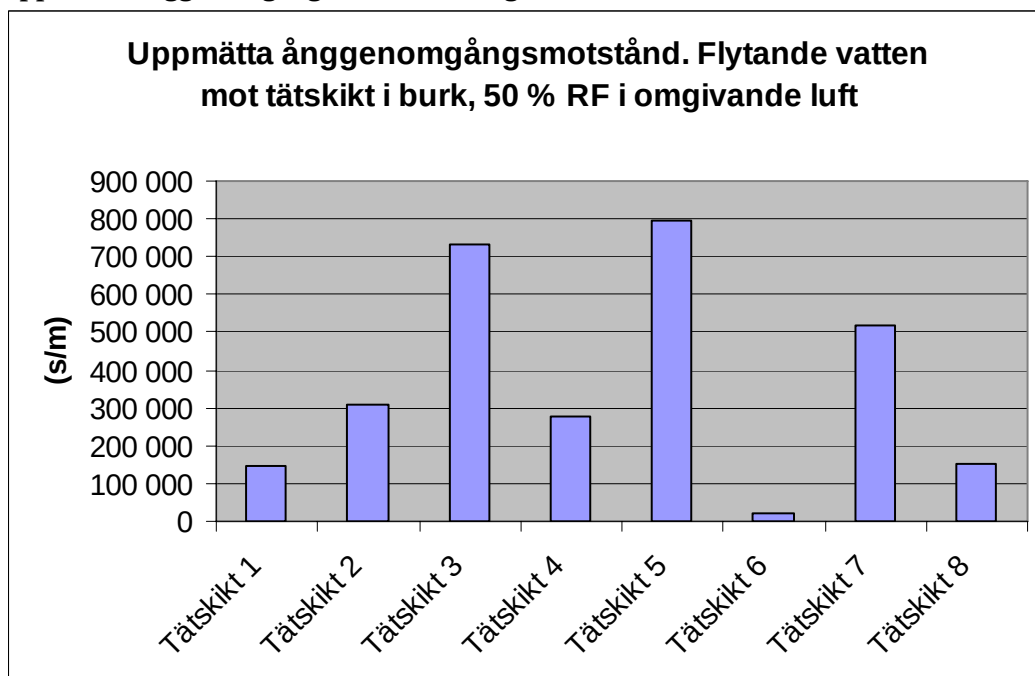
Mätpunkterna 17:1-17:4, 18:1-18:4 samt 20:1-20:4 är placerade i fästmassan bakom kaklet och är endast en indikationsmätning på fuktigheten i fästmassan (ingjutna elektroder).

Bilaga 3 Uppmätta ånggenomgångsmotstånd

Uppmätta ånggenomgångsmotstånd enligt metod 1



Uppmätta ånggenomgångsmotstånd enligt metod 2



Uppmätt fuktkvot alternativt indikationsmätning i provvägg 3 (tätskikt 3)

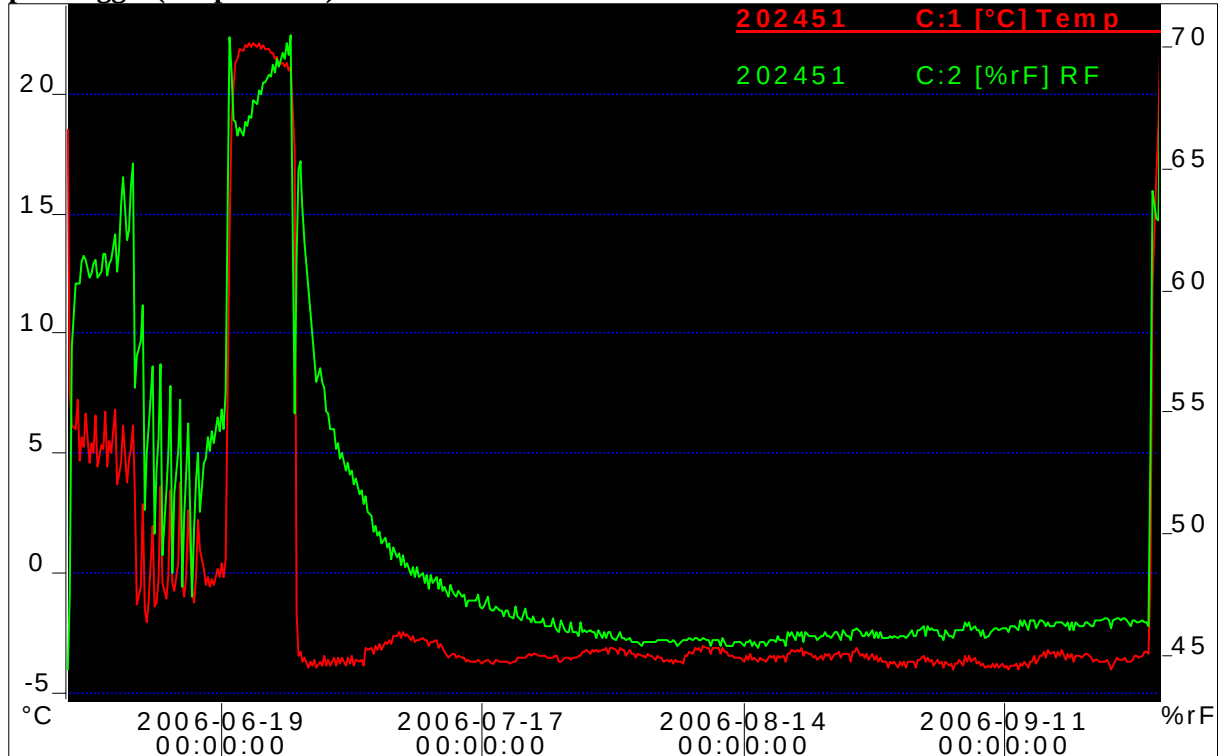
[illegible]

Uppmätta fuktkvot alternativt indikationsmätning i provvägg 4 (tätskikt 2)

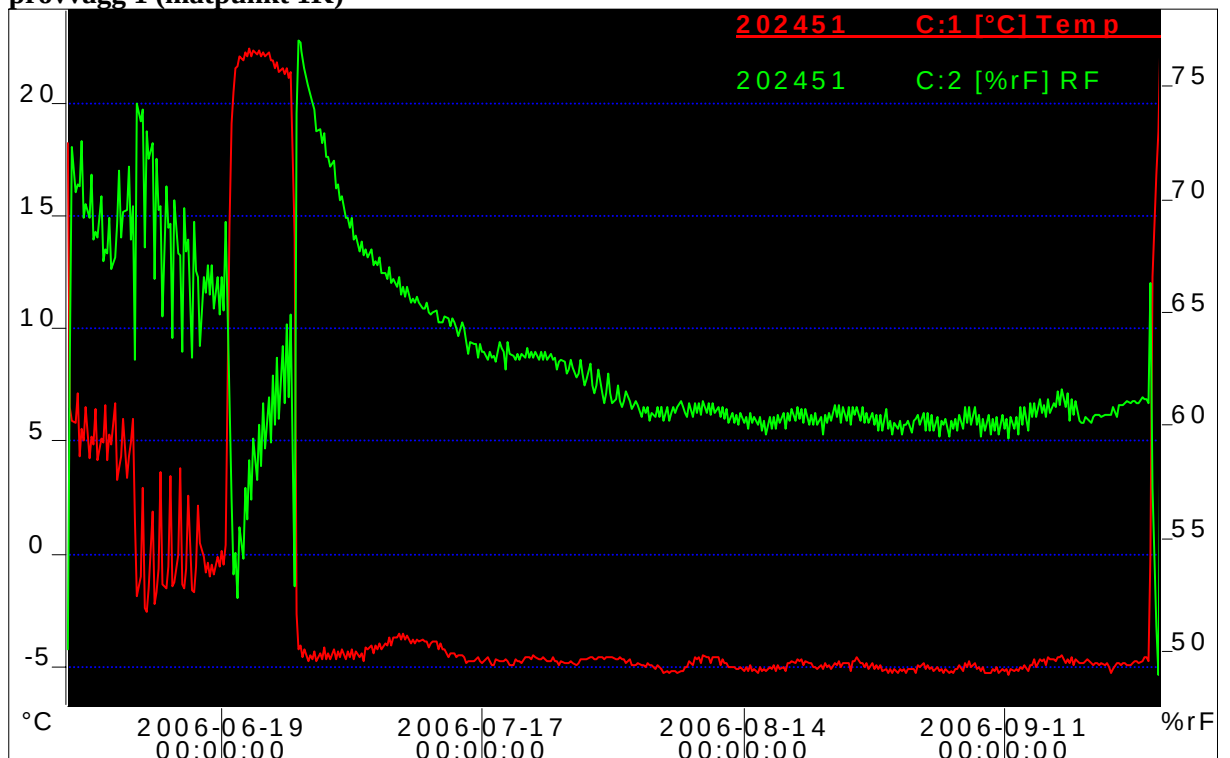
[illegible]

Bilaga 5 Uppmätt temperatur och RF

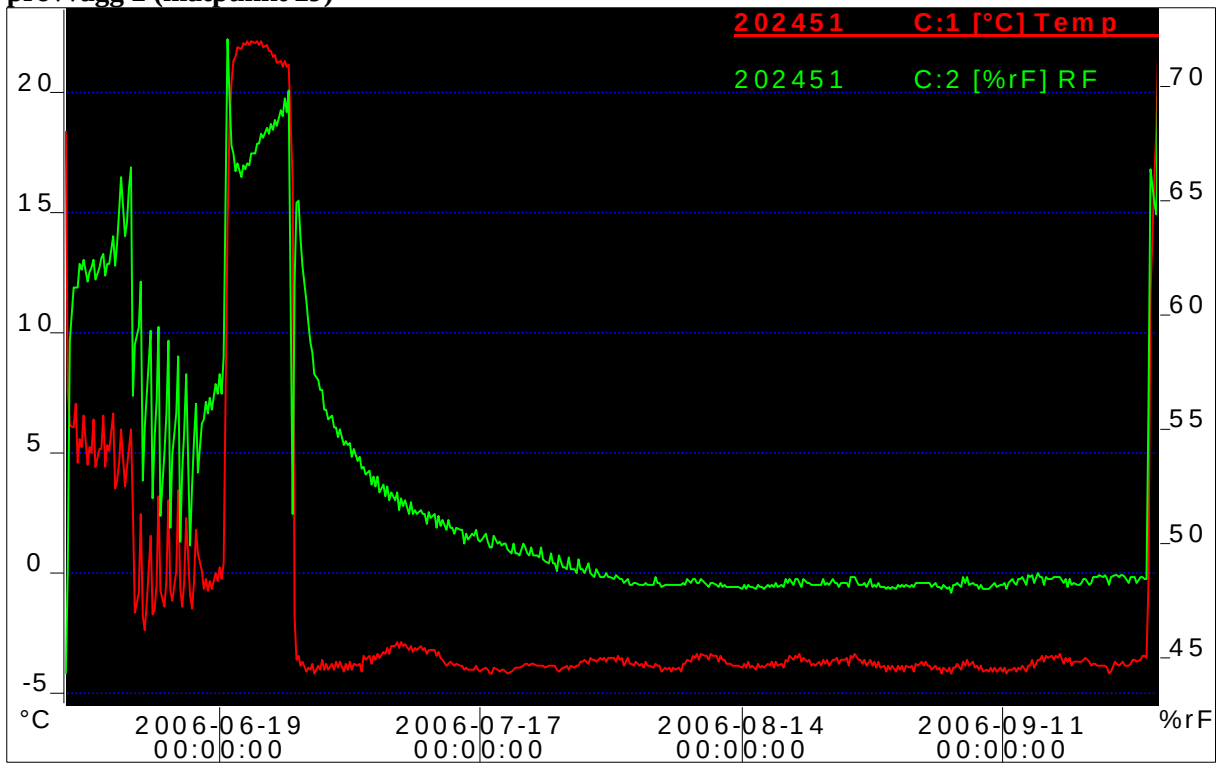
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet innanför vindskydd av utegips,
provvägg 1 (mätpunkt 1J)



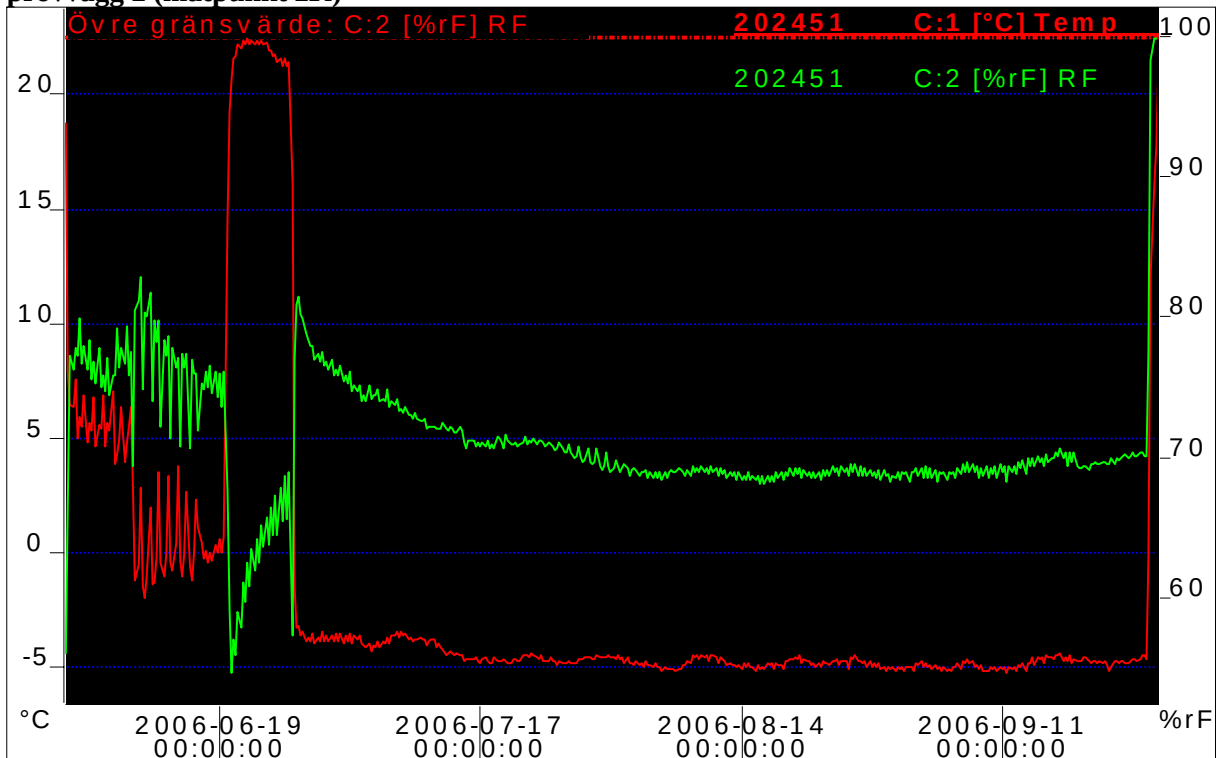
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet innanför vindskydd av vindpapp,
provvägg 1 (mätpunkt 1K)



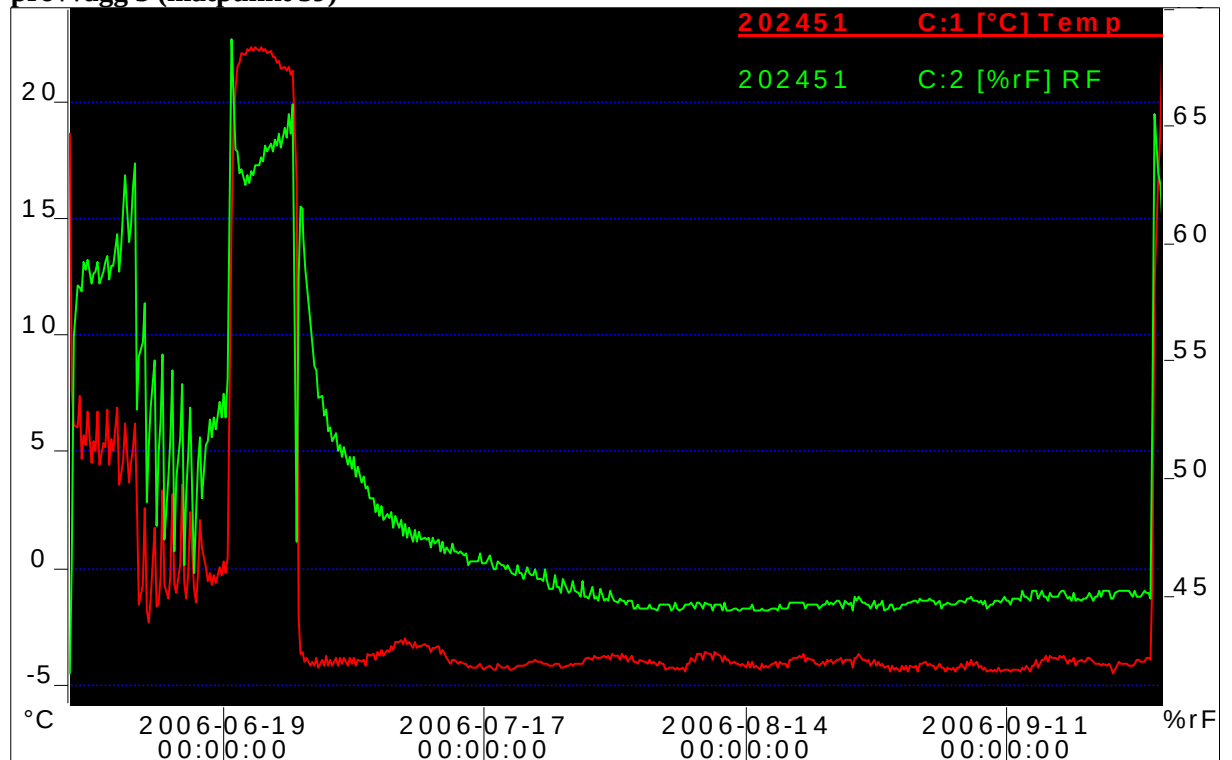
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet innanför vindskydd av utegips,
provvägg 2 (mätpunkt 2J)



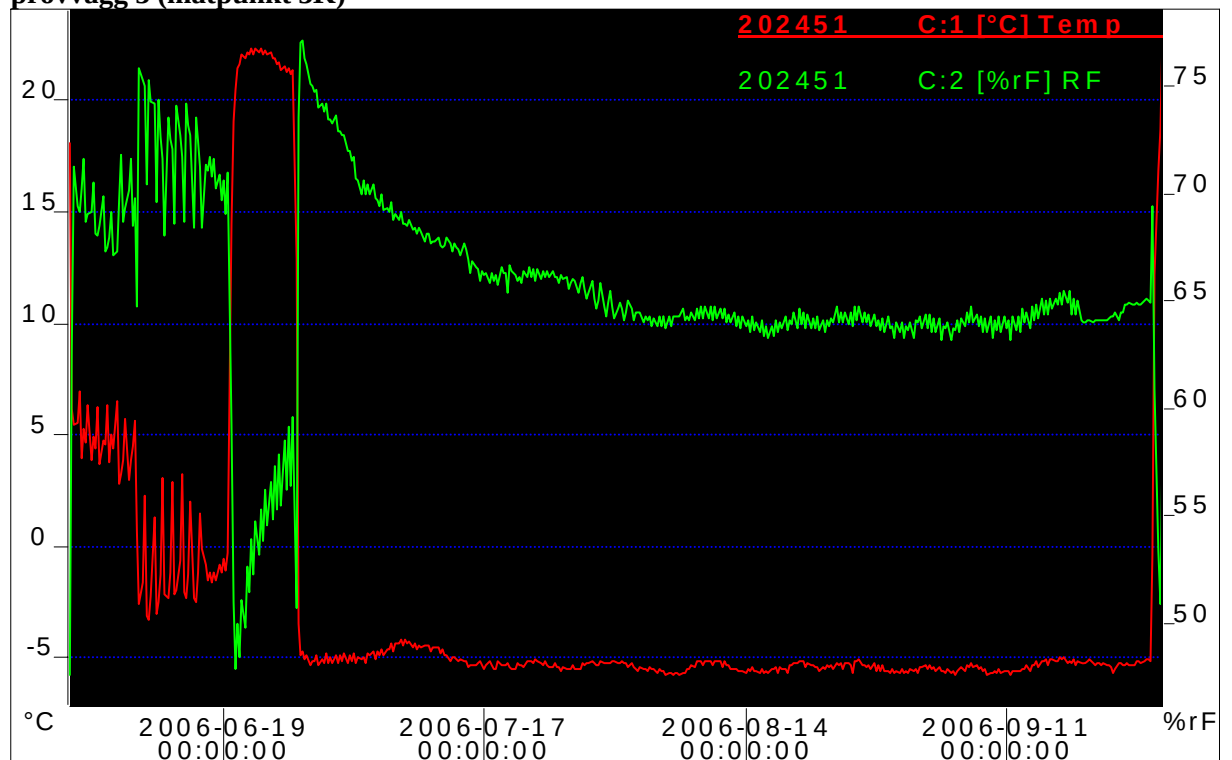
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet innanför vindskydd av vindpapp,
provvägg 2 (mätpunkt 2K)



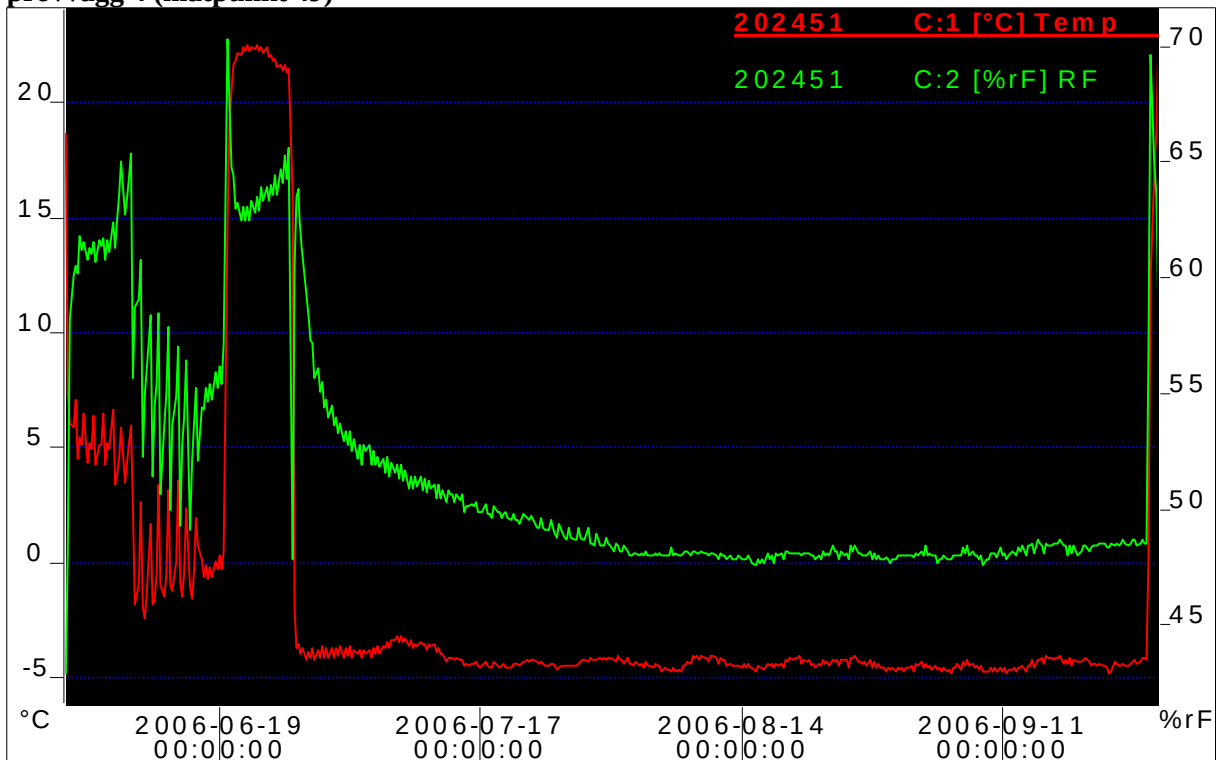
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet innanför vindskydd av utegips,
provvägg 3 (mätpunkt 3J)



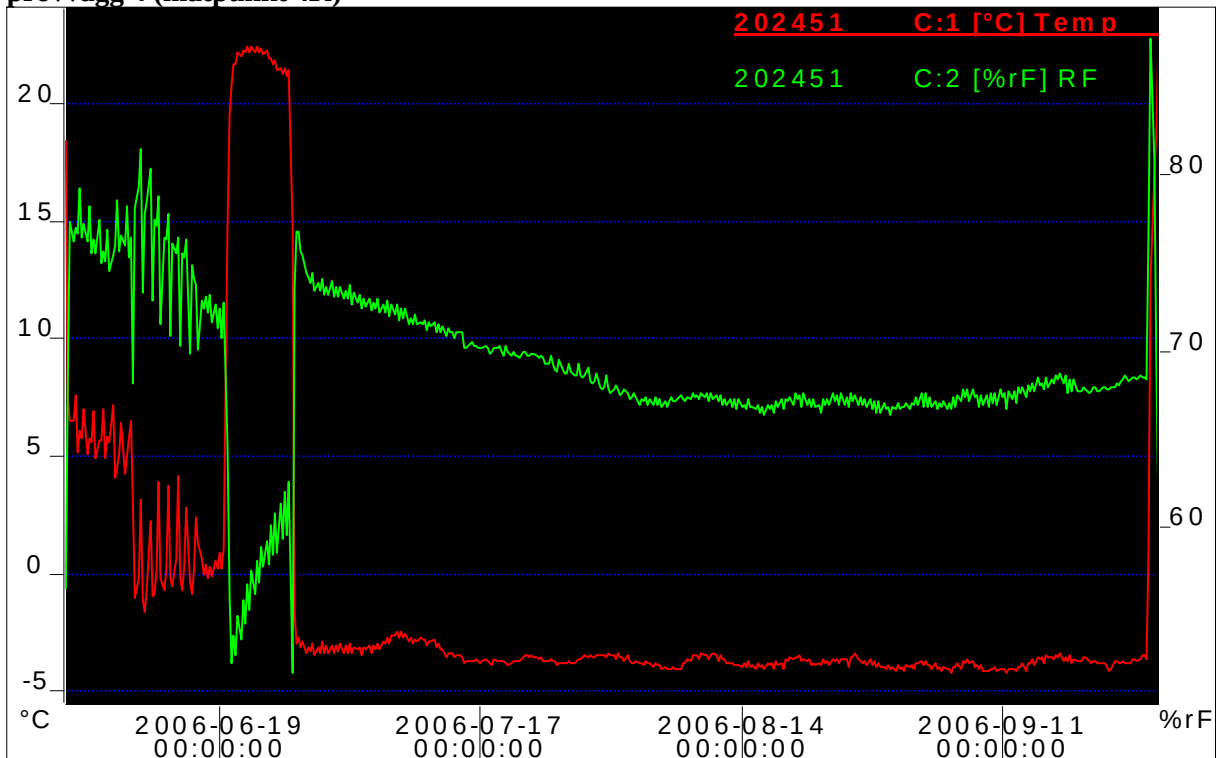
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet innanför vindskydd av vindpapp,
provvägg 3 (mätpunkt 3K)



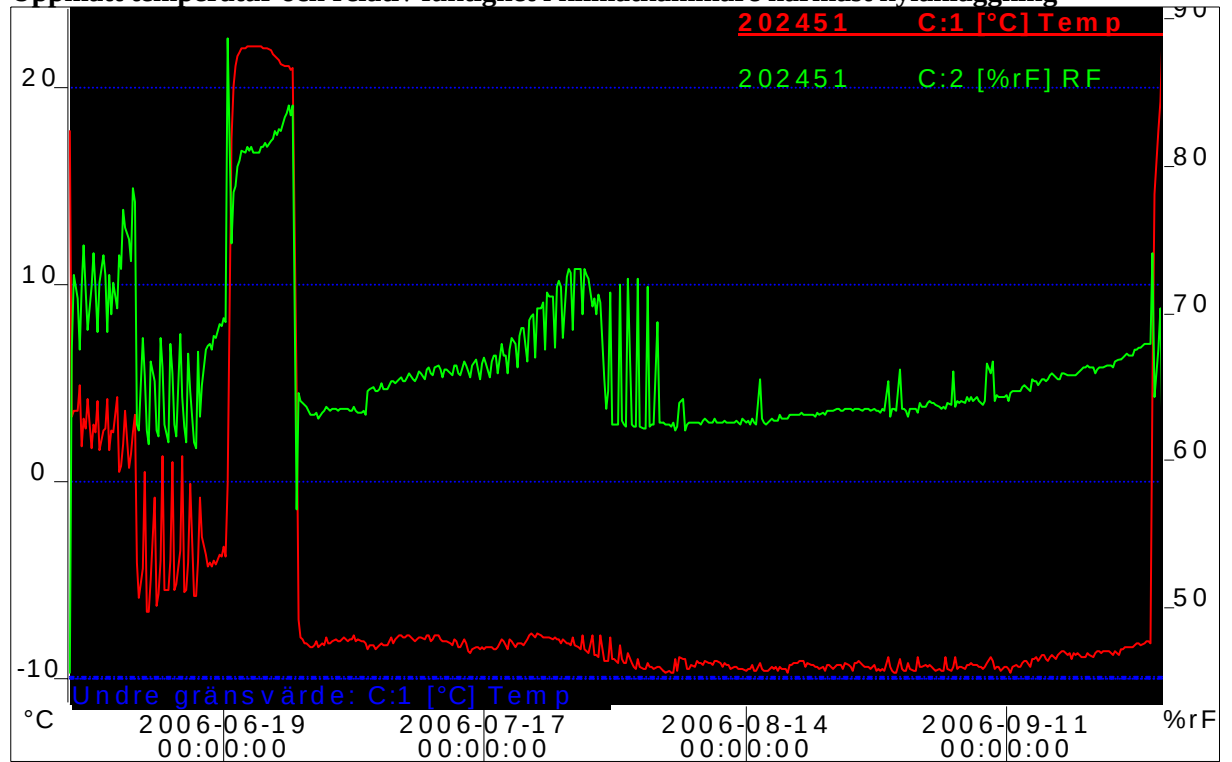
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet innanför vindskydd av utegips,
provvägg 4 (mätpunkt 4J)



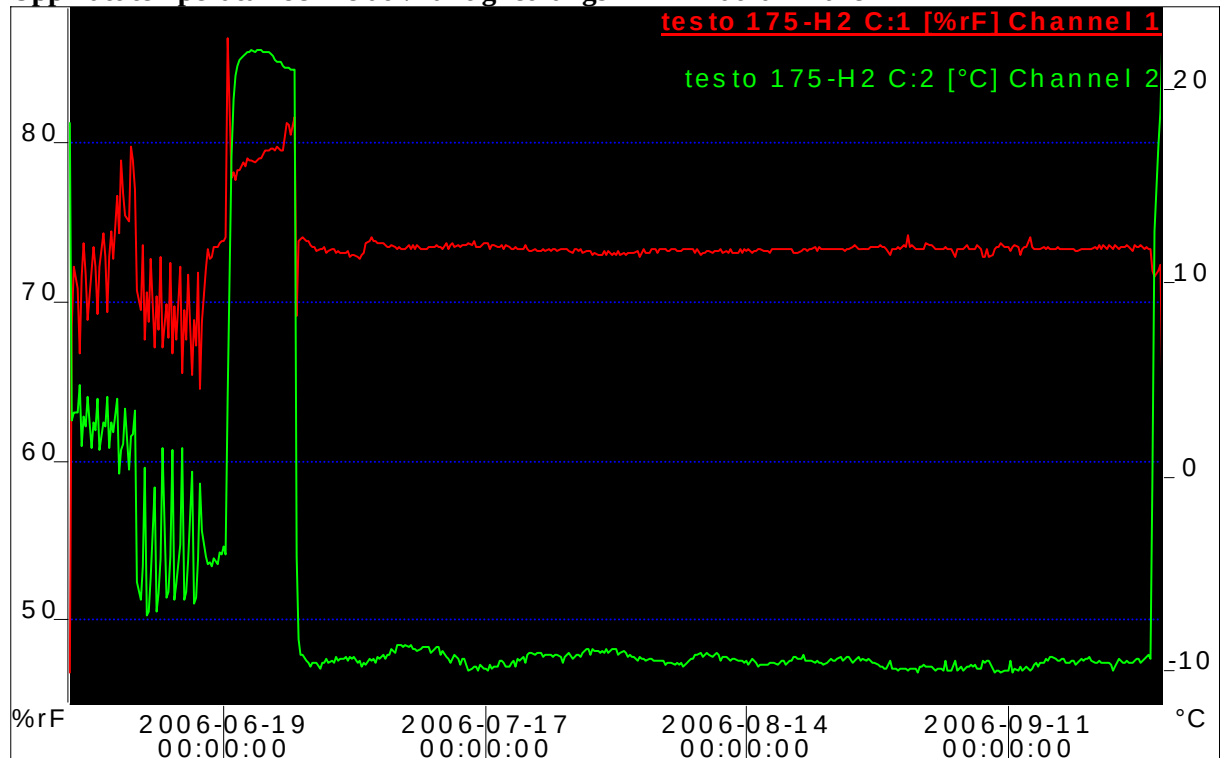
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet innanför vindskydd av vindpapp,
provvägg 4 (mätpunkt 4K)

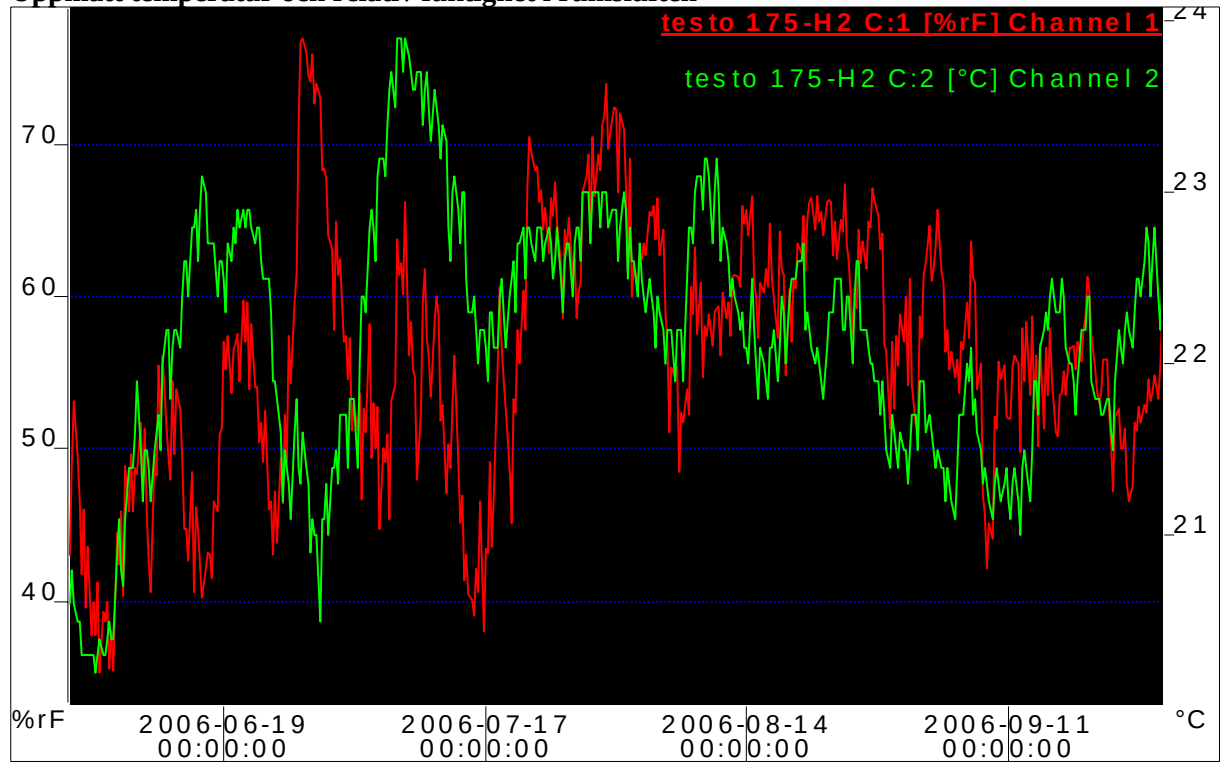
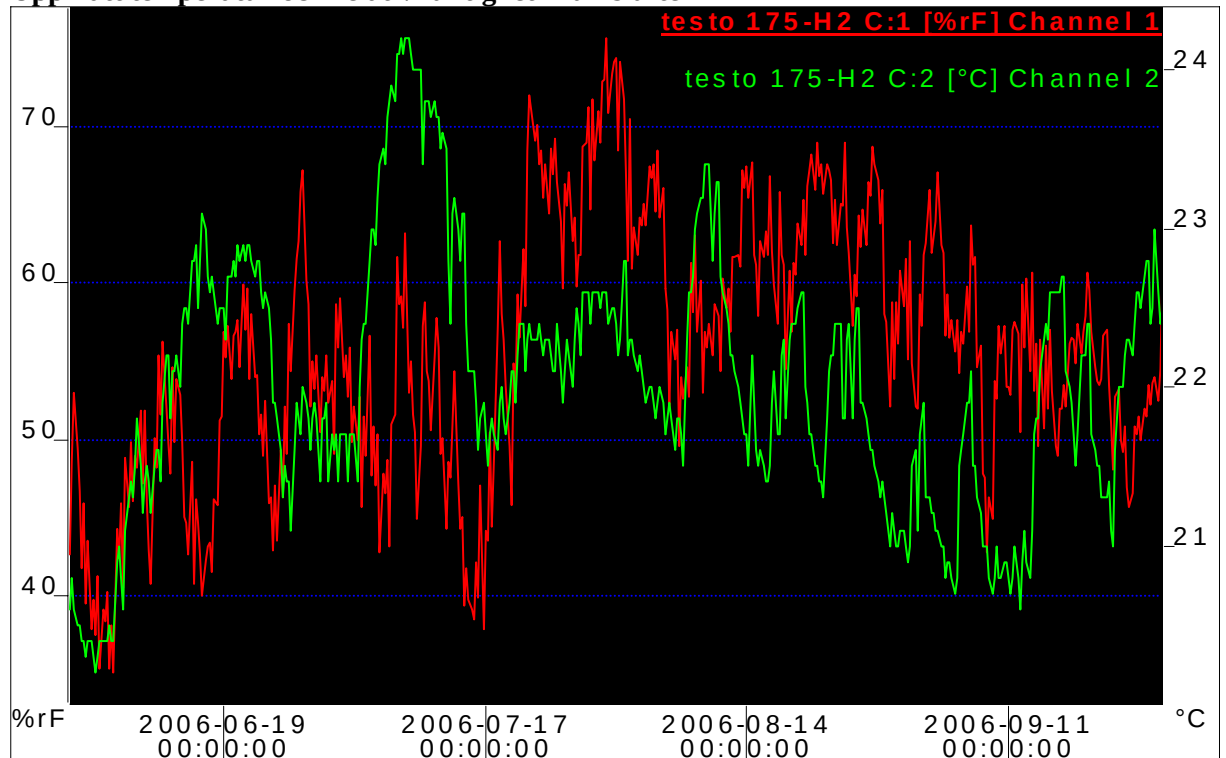


Uppmätt temperatur och relativ fuktighet i klimatkammare närmast kylanläggning



Uppmätt temperatur och relativ fuktighet längs in i klimatkammare



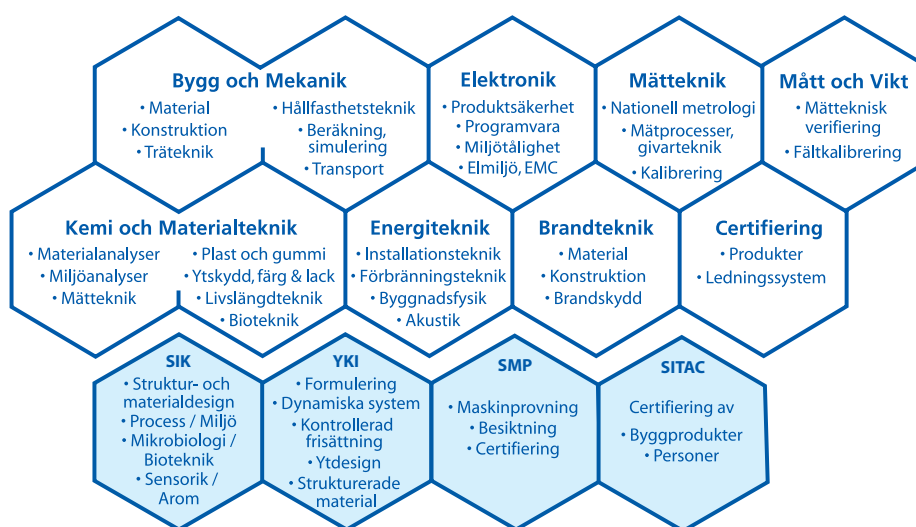
Uppmätt temperatur och relativ fuktighet i rumsluften**Uppmätt temperatur och relativ fuktighet i rumsluften**

Bilaga 6 Jämförelsemätning i gips

Provbitar av standardgips (13 mm) med pappskikt har placerats i ett utrymme med stabil temperatur och känd relativ fuktighet enligt tabell nedan. Tabellen visar uppmätta fukt-kvotsvärden (kg/kg) i materialet efter två veckor.

Material	Temperatur 22,3 °C		
	75,5 % RF	94,5 % RF	100 % RF
Gipsskiva	0,15 (kg/kg)	0,23 (kg/kg)	0,29 (kg/kg)

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är drygt 830 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och fyra dotterbolag.

SP Energiteknik
 SP RAPPORT 2006:46
 ISBN 91-85533-34-3
 ISSN 0284-5172



SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Box 857
 501 15 BORÅS
 Telefon: 033-16 50 00, Telefax: 033-13 55 02
 E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

A Member of

 **United Competence**