

CHALMERS



Hantering av konstruktionsvirke

Ur fukt- och mögelhänseende

JAN-PETER LYCKE
BENGT SPOLANDER

EXAMENSARBETE

Högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör
Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2005

Examensarbete 2005:62

Hantering av konstruktionsvirke

Ur fukt- och mögelhänseende

JAN-PETER LYCKE BENGT SPOLANDER

Institutionen för bygg- och miljöteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2005

Handling of Construction timber
In consideration of moisture and mould problems
JAN-PETER LYCKE 1970
BENGT SPOLANDER 1959

© JAN-PETER LYCKE, BENGT SPOLANDER 2005

Department of Civil and Environmental Engineering
Chalmers University of Technology
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Exempel på hur en lagringsplats kan se ut (Foto B.Spolander 2005)

Chalmers
Göteborg, Sweden 2005

Sammandrag

Ett stort problem inom byggbranschen idag är byggfukt. I denna rapport har vi studerat hur hanteringen av konstruktionsvirke ur mögel och fukthänseende går till idag. Byggfukt är en stor bidragande orsak till att det bildas mögel och röta i byggnadskonstruktioner av trä. Erfarenheter har visat att hanteringen många gånger är bristfällig vilket kan skapa stora fuktproblem i färdiga konstruktionsdelar. De regler som finns idag är att virke som byggs in måste hålla fuktkvotklass 18 i Svensk standard.

Syftet med rapporten är att kontrollera om de regler som finns idag är tillräckliga och hur hanteringen av konstruktionsvirket går till från sågverk till byggarbetsplats. Detta har vi gjort genom att göra fuktkvotmätningar och studiebesök på olika delar i produktionskedjan, och med hjälp av de resultat vi fått fram belysa var förbättringar i hanteringen kan göras.

Vi har utfört våra mätningar en gång i veckan under tiden 050317-050517 mestadels på bestämda platser olika på byggarbetsplatser. Vi har använt resistansfuktkvotmätare för att mäta fuktkvoten i virket och dataloggar samt Alfasensors RF-indikator för mätningar av temperatur och RF-värde i luften. För att få värdena för uteluften under mätperioden har vi köpt dessa av SMHI.

Våra resultat har visat att hanteringen av konstruktionsvirke är god på sågverken. På sågverken följs och används den kunskap som finns idag. I framtiden kanske dagens forskning gör så att torkscheman kan utformas så att mögel får svårare att etablera sig på virket.

Transporter från sågverk till trävaruhandlare utförs i täckta bilar vilket ger ett fullgott skydd då transporten i de flesta fall bara tar någon dag att utföra. Lagringen hos trävaruhandlare sker lång tid under året i ett klimat med för högt RF-värde, men även här är lagringstiderna mestadels relativt korta, vilket gör att virket inte hinner påverkas så mycket.

Lagringsplatsen på byggarbetsplatser är i de flesta fall undermålig. Alldeles för ofta finns det ingen speciell lagringsplats utan virket lagras där det passar bäst för dagen. Detta gör att underlaget för virkesstuvorna ofta bara blir för låga strö rakt på marken. Detta gör att virket lätt blir jordstängt vilket i sin tur gör att virket lättare möglar om fuktkvoten skulle vara för hög i den färdiga byggnadskonstruktionen. Täckningen av virkesstuvorna slarvas det också ofta med då byggnadsarbetare glömmer att täcka efter att man hämtat virke ur stuvorna.

Många av de fuktskador som sker hade kunnat undvikas om det redan i projekteringsstadiet planerades bättre. Beställare måste börja ta mer ansvar och redan i bygghandlingarna precisera sina krav. Det finns bra system för hur detta skall gå till, Eva Sikander på Svensk provningsanstalt har tagit fram ett system och Stockholms stad har ett annat. Problemet måste börja tas på allvar och klart och tydligt visa vem som har ansvar i de olika produktionsstadierna. På de arbetsplatser vi besökte såg vi också väldigt bra tekniska lösningar för att undvika fuktskador samt att ge virket bättre uttorkningsmöjligheter. Vi såg också en väldigt bra lösning på hur en bra lagringsplats skall se ut. Det gäller bara att all denna kunskap används och sprids till alla berörda.

De regler som finns idag borde ses över och mer klart och tydlig, och mer i detalj säga vilka fuktkvoter som skall gälla i alla produktionsstegen. Som de är utformade idag kan 16 % av det inbyggda virket hålla en fuktkvot över 22 %. Detta kan inte vara acceptabelt då mögel kan börja växa redan vid en fuktkvot på 17 %.

Nyckelord: Fukt, konstruktionsvirke, mögel, relativfuktighet och lagring

Abstract

A big problem in the construction business today is construction dampness. In this report we have studied the handling of construction timber in consideration of moisture and mould problems.

The investigation for this report aims to discover if the rules of today is sufficient, or if they need to be changed. To control these rules we have made measurements on different construction sites and timber yards and with the result from these measurements se if improvements can be done.

We made our measurements once a week during the period 050317-050517. Mostly the measurements were made at specific points on the construction sites. At the construction sites we have controlled the moisture ratio and the relative humidity.

The result of our measurements shows that the handling of timber at the sawmill and the timber yard is good. During the storage the relative humidity is too high the most part of the year, but do to short storage times this doesn't affect the timber to much. On the construction site the storage is inferior. To often there are no storage places so the timber is put on the ground with soil moisture problems as a result.

The rules of today need to be more specified to avoid the moisture and mould problems we have today.

Keywords: moisture, construction timber, mould, relative humidity and storage

Förord

Detta examensarbete ingår i utbildningen Byggingenjörsprogrammet 120 poäng på Chalmers Lindholmen. Idén till projektet kom efter samtal med Mattias Gunnarsson på Munters torkteknik AB, Johan Alte på SBS Entreprenad AB och Lars Rundstedt på Tuve Bygg AB.

Vi vill tacka all personal på de berörda företagen för deras hjälp under arbetets gång. Vi vill också tacka personalen på Alfasensor för deras hjälp med material och mätutrustning till vårt arbete.

Ett speciellt tack till
Mattias Gunnarsson på Munters torkteknik AB för sin handledning och hjälp med lån av mätutrustning.

Sören Lindgren handledare Chalmers Lindholmen för sina goda råd och välkomna synpunkter.

Författarna 2005-05-31

Innehållsförteckning

Sammandrag.....	I
Abstract.....	II
Förord.....	III
Innehållsförteckning.....	IV
1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund.....	1
1.2. Syfte.....	1
1.3. Metod.....	1
1.4. Avgränsning.....	1
2. Termer och begrepp.....	2
3. Trädets uppbyggnad och struktur.....	3
3.1. Avverkning av virke.....	3
3.2. Trä och fukt.....	3
3.3. Torkning av virke.....	4
3.4. Lagring av virke.....	4
4. Fuktkvoter i virke i olika stadier.....	5
4.1. Torkat virke – hur man ställer rätt krav.....	5
4.1.1. Provtagning.....	5
4.2. Hur mäts fuktkvoten.....	7
5. Mikroorganismer.....	7
5.1.1. Grupp indelning.....	8
5.2. Mögel.....	8
5.3. Rötskador i hus.....	9
5.4. Provtagning och analys av byggnadsmaterial.....	10
5.5. Hälsorisker.....	10
6. Projektering ur fukthänseende.....	11
6.1. Fuktskyddsbeskrivning och Fuktskyddsdokumentation.....	12
7. Mätmetoder.....	14
7.1. Resistansfuktkvotsmätare.....	14
7.2. Data loggar.....	14
7.3. Alfasensor.....	14
8. Moelven Edanesågen.....	15
9. Arbetsplatser.....	15
9.1. Arbetsplats disposition.....	16
10. Mätresultat.....	17
11. Analys av mätresultat.....	20
12. Slutsats.....	20
13. Referenser.....	23
13.1. Litteratur.....	23
13.2. Elektroniska källor.....	23
13.3. Muntliga källor.....	23
Bilagor	
Bilaga 1 Exempel på Temp och RF svängningar under ett dygn SMHI väderdata	
Bilaga 2 Diagram byggen	
Bilaga 3 Mätvärden från data loggen	
Bilaga 4 Mätpunkter Akzo Nobel Stenungsund	
Bilaga 5 Exempel på hur mögelanalyssvar kan tolkas:	
Bilaga 6 Resultat mögel prov	

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Ett av de stora problemen inom byggbranschen är byggfukt. Byggfukt är en avgörande orsak till att mögel kan bildas i färdiga byggnadskonstruktioner av trä. Erfarenhet visar att materialhanteringen är bristfällig och att detta ger vissa konsekvenser i byggnaderna. De problem som uppstår är att virket blir utsatt för mögel och rötangrepp vilket orsakar ohälsa för människor som vistas i byggnaderna. Enligt de regler som finns skall fuktkvoten i fuktkvotklass 18 ligga mellan 14 – 22 % i 84 % av partiet.

1.2. Syfte

Syftet med denna rapport är att kontrollera de regler som finns för hantering av konstruktionsvirke. Vi kommer även att kontrollera hanteringen av virket från sågverk till byggarbetsplatsen. Detta görs via fuktmätningar i virket för att se om de riktlinjer som finns följs och om de är tillräckliga. På detta sätt avser vi påvisa var i produktionskedjan brister uppkommer som orsakar mögel i våra träkonstruktioner. Med hjälp av dessa resultat kan sedan olika lösningar tas fram för hur virkeshanteringen kan förbättras.

1.3. Metod

Det första som måste undersökas är hur en fuktmätning går till, det vill säga vilka instrument som används och hur dessa fungerar. En studie av de regler som finns för virket idag undersöks, varför har just dessa krav blivit ställda då det är bevisat att mögeltillväxt sker vid lägre fuktkvot än vad kraven ställer. Vi kommer även att undersöka förslag till framtida regeländringar.

Genom att följa och dokumentera hur virket hanteras från sågverk till färdig träkonstruktion, kan fukthalten i virket mätas samt en okulär kontroll göras av hur virket hanteras under de olika produktionsstegen. Det kommer också att i så stor utsträckning som möjligt tas mögelprover för att se om det blir någon mögeltillväxt i de olika produktionsstegen.

1.4. Avgränsning

Fuktmätningar och har tagits på tre byggarbetsplatser samt hos två byggvarugrossister under en begränsad tid. Vi har också besökt ett sågverk för att bilda oss en uppfattning hur virkeshanteringen går till där, och få kunskap om hur virkestransporterna går till mellan sågverk och grossist.

2. Termer och begrepp

Fuktkvot: Kvoten av vattnets massa i fuktigt material och massan av det uttorkade materialet.

Ånghalt: Luftens innehåll av vattenånga, anges i g vatten/m³ luft och varierar över året.

Relativ luftfuktighet: Är kvoten mellan vattenångans deltryck och dess mättnadstryck vid aktuell temperatur.

Röta: Orsakas av svampar som växer in i veden och bryter ned cellerna eller bindningen mellan cellerna. Rötskadat trä har nedsatt hållfasthet.

Blånad: Orsakas av svampar som växer in i veden och påverkar virket så att vatten har lättare att tränga in. Påverkar inte hållfastheten.

Mögel: Svampar som växer på virkets yta. Mögel uppkommer på virke som lagras på olämpligt sätt.

Markfukt: Fukt från marken som suggs upp kapillärt och tränger in i virket.

Medelfuktkvot: Den önskade fuktkvoten är ett uttryck för vad som är lämplig fuktkvot i trämaterialen när produkten används och/eller tillverkas. Vid köp, produktion och leverans av virke måste man emellertid hänföra den önskade fuktkvoten till medelfuktkvoten för ett parti. Dessa är indelade i olika klasser beroende på vad virket skall användas till. De lägre klasserna är till för virke som skall användas inomhus eller i inredning. Medan de högre klasserna används i utfackningsväggar och i tak. I varje klass kan fuktkvoten variera men medelfuktkvoten skall ligga inom ett bestämt värde.

Virkesstuv: Virke som staplas på varandra i flera lager.

Virkespaket: En virkesstuv som täcks över med plast för lagring eller transport.

Inkrustering: Lagring på ytan.

Jämnviktsfuktkvot: När fuktkvoten i virket ligger i jämvikt med relativa fuktigheten i luften.

Kanaltork: En virkestork som virket ställs på ett band som drar virket genom hela torken. Torkningen sker samma klimat under hela torkprocessen.

Kammartork: En virkestork där virket placeras i en kammare och anpassade virkestorningsprogram kan ställas in.

3. Trädets uppbyggnad och struktur

Tall och Gran är uppbyggda på samma sätt, i centrum på stammen finns mörken som går genom hela stammen och slutar i toppen med en knopp. Denna omsluts av veden som delas upp i kärna och splint. Cellerna i kärnan är döda och en del har täppt till av hartser, vilket medför att de inte kan leda vatten och har alltså en relativt låg fukthalt.

Även splintvedens celler är döda så när på 5-10 % av de näringsledande parenkymcellerna. Eftersom splintvedens celler inte täpps till av hartser leder dessa vatten som för med sig närsalter från rötterna till barren. Den färska splintveden har en fuktkvot mellan 120-160 % .

3.1. Avverkning av virke

Vintertid innehåller virke socker och sommartid stärkelse och en stor mängd näringssalter. Det sista kan ge lättare mögelangrepp. Detta gör att det är en fördel att fälla virket vintertid.

Tätvuxen splintved innehåller ofta större absolutmängd näringsämnen och vätska, vilket kan öka inkrusteringen.

3.2. Trä och fukt

Trä kan avge och ta upp fukt från luften. Virket torkas normalt från rått till önskad fuktkvot i sågverkets virkestorkar. Men virkets slutfuktkvot blir sällan exakt den önskade, det blir alltid en viss fuktspridning. För exempelvis snickeriprodukter kan sågverket minska fuktspridningen genom att kondensera virket i slutskedet av torkningen. Detta ger en utjämningsfas i slutskedet av torkningen. När man köper virke är fuktkvotsspridningen lika viktig som medelfuktkvoten. Därför bör man ställa krav på att den inte är för stor i produkten som köps in. Utan konditionering i torken kan man räkna med att 95 % av fuktkvoterna i ett virkespaket ligger mellan ± 0.2 * medelfuktkvoten kring medelvärdet.

Fuktkvoten i virket bör anpassas till det klimat som beräknas råda där det monteras, för att undvika att svampangrepp eller liknande uppstår.

Virke som används utvändigt bör vara av Gran för att det tar upp fukt lika långsamt i både kärnan som splintveden. I fur tar kärnan upp fukt lika långsamt som i granen medan splintveden tar upp fukt många gånger snabbare. Så av samma skäl bör fönster vara av kärnved då risken för röta då minimeras. Virke som byggs in bör ha en fuktkvot som så nära som möjligt överensstämmer med jämnviktskvoten som beräknas i den färdiga konstruktionen. Virke som byggs in skall ha en fuktkvot som understiger 20 %, för att inte riskera mikrobiologiska angrepp.

Fuktkvoten är i uppvärmd svenska hem i medeltal 7,5 %, men varierar mellan årstiderna vintertid mellan 2-6 %. På sommaren ökar den till mellan 7-12 %. I genomsnitt är det torrare i norra Sverige än i södra.

3.3. Torkning av virke.

Virke består till halva sin vikt av vatten. När det torkar vandrar vedens fukt mot ytan och för med sig lösliga näringsämnen. Mögelsvampar som inte konsumerar vedmaterial behöver hög luftfuktighet och vatten i vätskeform för att etablera sig. Nyss nämnda trätyper uppfyller dessa krav om luftfuktigheten är större än 85 %.

All vedtorkning resulterar inte alltid i att gynnsamma förhållanden för mögeltillväxt på ytan skapats. Kärnvirke innehåller inte lösliga näringsämnen, och granvirkes struktur är inte samma som i furan, den är mer sluten och ger inte samma fuktvandring. Intensivtorkning ger en torrzon närmast ytan vilket resulterar i att vätskeströmmen avtar innan ytan vilket tillfälligt minskar risken för mögeltillväxt på ytan, och ger en viss likhet med granvirkes svaga lakningseffekt.

De vanligaste torkarna på sågverken är kammartorkar och kanaltorkar. Fördelen med torkning i kammartorkar är att torkningsschemat kan anpassas mer efter vilket virke som finns i torken, det är också lättare att torka ner till låga fuktkvoter. I en kanaltork är det billigare att torka stora mängder virke av samma dimension, annars är själva torkförfarande det samma i båda tork sorterna. Torkningen i kammartorkar börjar med att virket värms upp och då är det viktigt att det är en fuktig miljö och att det inte går för fort, för att inte riskera att virket torkar i ytskiktet och därmed spricker. När sedan själva torkprocessen börjar skall inte den heller gå för fort för att undvika sprickor och att det blidas spänningar i virket. Dessa ställer till med problem när sedan virket sågas eller hyvlas. I slutet av torkningen är det viktigt att virket konditioneras. Det går till så att vatten sprutas in med väldigt små munstycken för att öka luftfuktigheten och därmed jämnas fuktkvoten i virket ut

En uppfuktning av virket före torkning förstärker urlakningen av näringssalter. Ännu påtagligare blir ytintorkningen av näringssalter om växlande luftfuktighet resulterar i upprepade torkcykler, vilket sker vid brädgårdstorkning. (Lundgren 1883)

3.4. Lagring av virke

Att virke kan mögla om RF-värdet ligger mellan 80-90 % är känt genom praktisk erfarenhet, men allt virke möglar inte och det tycks bero på vad som har hänt under lagring och transport före det byggdes in i konstruktionen. Har virket utsatts för en kontaminering av sporer på materialytan, begynnande hyftillväxt samt mikrobiell påverkan under lagringstiden är de alla faktorer som gynnar mögeltillväxten

När virket skall lagras efter förädlingen är avklarad, är det viktigt att skydda virket mot att fukt i form av nederbörd, mot att ligga i en miljö med för högt RH-värde om det lagras en längre tid. Under lagringstiden bör virket också skyddas mot att mögelsporer anrikas på virkesytorna.

Det bästa sättet att lagra virkesstuvorna är väl täckta i en stängd lokal där RH-värdet kan kontrolleras. Det är i de flesta fall för dyrt att lagra virket på detta sätt, men när det lagras så bör det inte exponeras mot fukt och mögelsporer. Vilket på sågverken i de flesta fall görs genom att täcka virkesstuvorna väl med plast och förvara dem under tak. Då lagringen i de flesta fall inte är mer än högst 1-3 månader är detta ett tillräckligt bra sätt att lagra virket på, men om lagringstiden blir längre kan det orsaka problem med mögel om den omkringliggande miljön har ett för högt RH-värde.

När virke lagras på en byggarbetsplats bör det ske på en makadamiserad yta för att undvika att virket kommer i kontakt med jorden. På makadammen läggs minst 20 cm höga strö för att en god luftning skall kunna ske under virkesstuvorna. Finns det också möjlighet att lagra det under tält är det väldigt bra, men i många fall är det praktiska problem med detta då kranen som används inte

kommer åt under tältet. Det vanligaste sättet att lagra virket på arbetsplatsen är under en presenning, det är då viktigt att presenningen inte är så stor att den ligger ner på marken, för att luftningen under stuvorna inte stängs igen. När det är möjligt är det viktigt att planera beställningarna av virket så att det kan lyftas in i byggnaden med en gång då det levereras till arbetsplatsen, för att undvika onödig lagring utomhus.

4. Fuktkvoter i virke i olika stadier

I nysågat virke varierar fuktkvoten mellan 30 – 160 %. Leveranskvoten från sågverk var tidigare i medeltal ca 18 %, vilket kallades för leveranstorr. Numera försöker sågverken anpassa fukthalten till slutprodukten.

Tabell 1 Fuktkvoter enligt Svensk standard 23 27 40.

Fuktkvotklass	Fuktkvot	Fuktkvotskrav gäller	Användningsområde
8	6-9,5 %	Minst 84 % av partiet	brädgolv, möbler inredning
12	9-14 %	Minst 84 % av partiet	innepaneler, limträ, fönster
18	14-22 %	Minst 84 % av partiet	ytterpaneler, konstruktionsvirke,
S	≤24 %	Minst 97,7 % av partiet	Tryckimpregnerat och övrigt virke som färdigtorkas hos köparen.

Enligt Hus AMA 98 så får inte virke byggas in om det inte håller de fuktkrav som ställs i fuktkvotklass 18 enligt SS 23 27 40. Detta är det enda krav på fukt i trä som vi kunde hitta i Hus AMA 98.

4.1. Torkat virke – hur man ställer rätt krav

Före en leverans eller vid mottagning av ett virkesparti kan en stickprovskontroll av fuktkvotnivån göras efter vanliga statistiska regler eller efter speciella fuktkvotsstandarder, till exempel Svensk standard 23 27 40 eller någon EU – standard. Kontrollen görs med resistansfuktkvotmätare. Fuktkvotmätaren skall korrigeras för det aktuella träslaget och dess temperatur. Den skall vara kalibrerad med träprover enligt OIML International Recommendation R 92. Om köpare och säljare inte kan komma överens om denna metod görs mätningar enligt torrviktsmetoden.

4.1.1. Provtagning

Provtagning av ett parti virke vid eventuell tvist sker enligt följande

Tabell 2 Antal prov enligt Svensk standard 23 27 40

Antal paket i ett parti	Antal paket som skall öppnas
1	1
2 – 5	2
6 – 11	3
12 eller flera	4*

* Innehåller ej dessa paket tillräckligt många virkesstycken enligt Tabell 3, skall erforderligt antal paket öppnas.

Antalet virkesstycken som skall kontrollmätas i ett parti vid mätning med elektrisk fuktkvotsmätare. Värdena som står inom parentes gäller vid mätning enligt torrviktsmetoden.

Tabell 3 Antal virkesstycken som skall provas i fuktkvotklass 8, 12, 18 enligt SS 23 27 40

Antal virkesstycken i partiet	Antalet virkesstycken som skall mätas	Max antal virkesstycken som får ligga utanför fuktkvotsvärden
-150	20 (13)	7 (5)
151 – 280	32 (13)	10 (5)
281 – 500	50 (13)	14 (5)
501 – 1200	80 (20)	21 (7)
1201 – 3200	80 (32)	21 (10)
3201 – 10000	80 (32)	21 (10)
10001 – 35000	80 (50)	21 (14)
35001 – 150000	80 (80)	21 (21)
150001 – 500000	80 (80)	21 (21)
500001 -	80 (80)	21 (21)

Tabell 4 Antal virkesstycken som skall provas i fuktkvotklass S enligt SS 23 27 40

Antal virkesstycken i partiet	Antalet virkesstycken som skall mätas	Max antal virkesstycken som får ligga utanför fuktkvotsvärden
-150	20 (13)	1 (1)
151 – 280	32 (13)	2 (1)
281 – 500	50 (13)	3 (1)
501 – 1200	80 (20)	5 (1)
1201 – 3200	125 (32)	7 (2)
3201 – 10000	200 (32)	10 (2)
10001 – 35000	315 (50)	14 (3)
35001 – 150000	500 (80)	21 (5)
150001 – 500000	500 (80)	21 (5)
500001 -	500 (125)	21 (7)

Ungefär samma antal virkesstycken bör tas slumpmässigt från varje öppnat paket. Även virkesstyckena som skall mätas tas slumpmässigt från olika delar av paketet.

Partiets fuktkvot godkänns om max antal virkesstycken som får ligga utanför fuktkvotsvärdena enligt avsnitt 3 inte överskrids.

4.2. Hur mäts fuktkvoten

Det finns flera metoder för att mäta fuktkvoten i trä. Referensmetoden som används för att bestämma fuktkvoten är den så kallade torrviktsmetoden. I en föreslagen europastandard beskrivs metoden på följande sätt.

- Kapa ett träprov med vikten minst 100 g från ett virkesstycke 0,3 – 0,5 m från änden (ej kådrikt område).
- Väg provet på minst 0,1 g när.
- Torka provet i en ugn som håller $103 \pm 2^\circ\text{C}$. En vanlig bakugn duger om man har en glastermometer inlagd bredvid provet. Torkningen avbryts när viktminskningen är 0,1 % per 2 tim. I normala fall räcker 10 – 15 timmar.
- Väg provet igen och ange värdet med en decimal.

Den viktminskning som träet undergår vid denna torkning dividerad med träets torrsvikt är ett mått på träets fuktkvot, uttryckt i procent, det vill säga viktminskningens andel av torrsvikten:

$$\frac{\text{viktföretorkugn} - \text{vikteftertorkugn}}{\text{vikteftertorkugn}} * 100(\%) = \text{fuktkvoten}$$

När fuktkvotsnivån skall kontrolleras i praktiken, bedöms fuktkvoten med en elektrisk fuktkvotsmätare. Det finns olika typer av elektriska fuktkvotsmätare, varav resistansfuktkvotsmätaren är vanligast. Kapacitiva fuktkvotsmätare rekommenderas inte på grunda av att de ofta har sämre mätnoggrannhet. Användningen går till så att minst två elektroder (metallstift) slås in i virket. Den resistans som mäts mellan stiften är ett mått på träets fuktkvot. Denna metod beskrivs utförligare senare i rapporten sid 15 . (Trätek 1998)

Mätning sker vid en slumpmässigt vald punkt längs virkesstycket, dock inte närmare virkesändarna än 0,5 m. Mätjupet skall vara en femtedel av virkestjockleken vid mätning mitt på virkets flatsida eller för virke upp till 150 mm bredd en femtedel av virkesbredden vid mätning mitt på virkets kantsida. Mätelektroden slås in längs fiberriktningen.

5. Mikroorganismer

I huskonstruktioner ligger temperaturen oftast mellan 5–30°C vilket är en gynnsam temperatur för svampar att växa i. Högre temperaturer ger oftast ett lägre RF-värde vilket missgynnar svamptillväxten. För att svampar skall växa krävs ett visst fuktillskott, antingen genom att RF-värdet ligger i omgivande luft är över 75 % en längre tid eller att fuktkvoten i virket överstiger 17 %. Det kan också bildas mögel efter en kort uppfuktning genom t.ex. en vattenläcka i en sluten konstruktion, då torktiden ofta blir så lång att mögel hinner bildas

Mögel är svampar som växer på virkes yta. Missfärgningen kan hyvlas eller borstas bort och påverkar inte hållfastheten. Mögel uppkommer även på virke som lagras på olämpligt sätt till exempel, om det får ligga oskyddat under en längre tids nederbörd. Har det regnat på virket och det är fuktigt ute börjar snart mögelsvampar att växa. Vanligtvis kommer möglet först, därefter blånad. (Skogsindustrierna 2004)

5.1.1. Grupp indelning

Både svampar och bakterier kan växa på trä i fuktiga miljöer. Olika husmögelarter orsakar ungefär samma skada, men om en art saknas i ett område ersätts den av en annan art.

Det är därför praktiskt att indela arterna i grupper som grundar sig på skadeverkan, mikroorganismernas miljökrav samt traditionell systematik.

Actinomyceter brukar beskrivas som ett mellanting mellan bakterier och svampar och är mycket svåra att upptäcka på grund av sin ringa storlek. Dessa förekommer i fuktskadade hus oftast på träbaserat material som blivit jordslaget. Actinomycet tillväxt liknar den hos svampmycel, båda bildar ett mycel men det hos Actinomyceterna är väldigt svåra att upptäcka utan mikroskop, och kan leva utan tillgång till syre. Dessa kan skapa en mögellukt i byggnader trots att spormängden är väldigt liten.

Hyphomyceter är äkta svampar där bland annat blånads och mögelsvampar ingår. Dessa har ett välutvecklat mycel som kan vara synligt med blotta ögat. Sporsäcksvampar heter den grupp de tillhör, och om den får växa en längre tid kan fruktkroppar bildas. Har detta skett kan det betyda att svampangreppet pågått under en längre tid. Det finns ett stort antal svamparter som förekommer i fuktskadade hus, och de påträffas i vedens ytskikt eller i mägstrålarna.

Blånadssvampen ser blåaktig ut när de bruna hyferna ses genom den gulaktiga veden, och de tränger längre ner i veden. Deras hyfer är tjockväggiga och tål därför med stor sannolikhet uttorkning bra. (Hallenberg, Gilert 1993)

5.2. Mögel

Det finns flera olika typer av svampar som växer i byggnader och på föremål. Vanligen delas de upp i två grupper, missfärgande- och nedbrytande svampar. Till gruppen missfärgande svampar hör mögel och blånadssvamp. Exempel på nedbrytande svampar är röta och hussvamp.

Mögel är ett samlingsnamn för flera olika snabbväxande svampar. Den gemensamma nämnaren är de mikroskopiskt små fruktkropparna. Fruktkropparna bildar miljontals sporer som kan färdas mycket långt, en spor som landar i en gynnsam miljö börjar gro.

När sporen gror bildas rörformade tunna trådar, så kallade hyfer. Vid fortsatt tillväxt förgrenar sig hyferna och bildar tillsammans ett mycel. Mycelet motsvarar svampens rotsystem, alltså den del som tar upp näring från omgivningen och gör det möjligt för svampen att växa. När mycelet mognat bildas fruktkroppar, som i sin tur producerar sporer. Mycelet är mycket känsligt för vätskebrist och dör relativt snabbt om det utsätts för torka. Sporerna kan däremot ligga i dvala under flera år för att sedan börja växa när de rätta omständigheterna uppstår.

Mögelsporerna finns alltid i luften men mängd och art varierar med årstid och väderlek. Under sensommaren och tidig höst är mängden mögelsporer som högst. Under normala omständigheter innehåller utomhusluften fler sporer än inomhusluften. Om man skulle lyckas att rena ett utrymme från sporer kommer det direkt nya när man öppnar en dörr eller ett fönster. Det viktiga är alltså inte att ta bort alla sporer utan att se till att den aktuella miljön är så pass ogynnsam för sporer att de aldrig börjar växa.

En grundförutsättning för att möglet skall kunna växa är fukt. Det bästa sättet att förhindra tillväxt är att se till så den relativa luftfuktigheten (RF) inte överstiger 70-75%. Mögelsvampen trivs bäst vid en temperatur mellan 20-35°C men sporererna är mycket tåliga. De flesta mögelsvampar kan växa mellan 2-10 pH, men det optimala är 5-6 pH alltså en svagt sur miljö.

5.3. Rötskador i hus.

Röta uppstår om fuktkvoten är över 28 % och omgivningens temperatur är mellan 0 -40 °C. Röttsvampsangrepp i hus orsakar en hållfasthetsförsämring vilket medför att åtgärder för att stoppa angreppet måste vidtas så fort som det är möjligt. Kontamineringen av virket sker på samma sätt som hos mögelsvamparna, men ett högre fuktillstånd krävs för att en tillväxt skall ske. Nedbrytningens hastighet styrs av tillgången av fukt, ett högt fuktillstånd ger en snabb tillväxt. Nedbrytningen sker ofta i perioder i takt med tillgången på vatten. När nedbrytningen startat blir veden porösare vilket medför att dess förmåga att hålla fukt ökar, vilket gör att tillväxten accelererar. När ett rötangrepp har observeras är det viktigt att åtgärder sätts in snabbt för att stoppa angreppet.

Det är bara några få arter som orsakar röta i hus och dessa är väl kända. Det kan därför vara av värde att få en exakt diagnos av vilken art det är för att förstå svampen miljökrav. Det är speciellt viktigt att konstatera om det är äkta hussvamp eller inte, då den är den absolut svåraste formen av röttsvamp. Denna kan under gynnsamma förhållanden sprida sig över ett helt hus på ett eller några få år. Den äkta hussvampen är den enda kända röttsvamp som kan transportera vatten till torra delar av konstruktionen där fortsatt nedbrytning sker. Transporten sker genom centimeter tjocka mycelsträngar och kan ibland ske över flera våningar.

Det förekommer tre olika former av röta i trävirke:

- Brunröta. Detta är den klart dominerande rötan i hus. Den bryter ner cellulosan i veden vilket medför att veden krymper och spricker upp på tvären. Aktiva arter i hus är Äkta hussvamp, källarsvamp, vedmussling, timmerstickor och källarkantarell.
- Vitröta. Denna form av röta bryter ner ligninet och cellulosan först bryts ligninet ner vilket ger virket ljus färg och gör virket fibrös under nästan hela nedbrytningsförloppet. Denna röttyp är vanligast i anslutning till fönsterkonstruktioner. Aktiva svampar i hus är åtskilliga arter av basidiomyceter.
- ”Soft rot”. Ser ut som brunröta men har ett annorlunda nedbrytningsförlopp. Oftast sker nedbrytningsförloppet långsammare och i en fuktigare miljö än brunrötan. (Hallenberg, Gilert 1993) (Skogsindustrierna 2004)

5.4. Provtagning och analys av byggnadsmaterial

För att kunna dra rätt slutsatser vid skadeundersökningar måste provtagningen göras med hänsyn till skadeorsakerna. Proverna bör tas på olika ställen för att kunna se flera möjliga skadeorsaker. Fuktmätningar i anslutning till provtagningen för mikroanalys är också nödvändig. Proverna bör tas på den kalla sidan på konstruktionen där Rh-värdet är högst på grund av att sannolikheten att hitta mikroorganismer då är störst. Proverna bör också vara fasta bitar för att få tillförlitliga resultat.

Nedanstående punkter är rekommendationer för hur provtagning skall gå till.

- Prover bör vara från fasta material av organiskt ursprung.
- Proverna bör tas från material av olika ursprung för att inte riskera att mögelskadan uppkommit innan den byggdes in i konstruktionen
- Provernas yta bör minst vara 20 x 50 mm
- De tagna proverna förvaras i rena papperspåsar som sänds till laboratorium för analys
- Ange var i konstruktionen som provet tagits och vilken sida som skall analyseras .
- Ange RF-värde eller fuktkvot för provet.

För att eliminera att provtagningen visar fel resultat bör ett tillräckligt stort antal prover tas. Det är också viktigt att vara noggrann vid provtagningen för att kunna fastställa var den mikrobiella tillväxten i konstruktionen skett.

Exempel på hur analyserna kan tolkas finns i bilaga 5

5.5. Hälsorisker

Mögel och mikrobiella föreningar kan i inomhusmiljö orsaka hälsorisker för exponerade personer. De sjukdomsbesvär som kan uppträda är till exempel irriterad hud, besvär med luftvägar samt trötthet och huvudvärk. De kunskaper som finns angående riskbedömning och hälsoeffekter vid lågdosexponering av mikroorganismer är väldigt bristfälliga, och på grund av att alla människor är olika känsliga kan det inte sättas någon gräns för när det är farligt för människan att vistas i en viss miljö.

Det diskuteras om att det bör finnas gränsvärden för sporhalter och ämnen i inomhusluften men än har det inte satts några gränser. Enligt Socialstyrelsen är kriteriet för sanitär olägenhet i bostäder kraftig mögellukt eller kraftig synlig mögelväxt. (Hallenberg, Gilert 1993 och Hallenberg Gilert 1983)

6. Projektering ur fukthänseende

I en enkätstudie av Arfvidsson och Sikander 2002 bland byggprocessens aktörer fanns frågan om hur man ser på ansvarsfrågan vad gäller fuktsäkerhet. Av svaren framgick att det är otydligt vilken aktör som har ansvaret för fuktsäkerhet i byggandet. Dessutom framkom följande:

- Endast 61 % av de svarande beställarna ansåg att de har ansvar för byggnadens fuktsäkerhet.
- Endast 36 % av de svarande beställarna svarar att den egna gruppen tar ansvar.
- 92 % av de svarande projektledarna som representerar beställaren ansåg att beställaren har ett ansvar.
- I övrigt har de flesta aktörer (beställare, arkitekter, projektörer och entreprenörer) i viss utsträckning fått omdömet att de har ansvar för fuktsäkerhet. Bland projektörer och entreprenörer uppges i störst utsträckning att den egna gruppen har ansvar för fuktsäkerheten (50 % respektive 72 % av de svarande).
- På frågan vem man anser tar ansvar för fuktsäkerhet svarar endast 14 % av arkitekter, 10 % av projektörer och 14 % av entreprenörer att beställaren tar ansvar.

Vid intervju med erfarna bygg- och projektledare samt byggnadskalkylatorer framkom att den allvarligaste risken för fuktproblem uppstår då tidplanen är för ”optimistisk” ur fukthänseende. De flesta projekt blir upphandlade på en preliminär tidplan där inte beslut om byggmetod är fastställt, och då är risken stor att det blir en för kort byggtid vilket påverkar fuktskyddet. Därför är det mycket viktigt att det finns fuktkompetens i detta tidiga skede i byggprocessen. Om inte kompetensen finns så föreligger risk för att kostsamma tidsförskjutningar uppstår, ansvaret för fuktfrågor blir otydliga eller att skador uppstår på grund av tidsbrist.

Ett projekt passerar tre olika huvudskeden nämligen projektering, byggande och förvaltning. Mellan dessa steg finns det därmed en skedesväxling med risk för förlust av information och styrning då skedena har olika ”ägare/förvaltare”. Är projektet stort kan det vara uppdelat i ännu fler skeden och risken för informations förluster blir ännu större. Därför är det viktigt att alla riskmoment vad det gäller fukt kartläggs och utreds så tidigt som möjligt.

Att det saknas checklistor är ett stort problem då det inte går att göra någon uppföljning på vilka fuktkrav som ställts. Det enda som finns är byggprojektörens checklistor för fuktdimensionering dessa är dock inget underlag för entreprenörens fuktplan i byggskedet. Idag finns det inga system för riskvärderingar inom fuktsäkerhet, allt är inte svart eller vitt. Vilka säkerhetsmarginaler vill byggherren ha? Vilka säkerhetsmarginaler kan samhället acceptera? Områden där ytterligare kunskap skulle underlätta arbetet med att åstadkomma fuktsäkra och sunda byggnader är till exempel:

- Hur mycket mögel/emissioner utgör en risk för inomhusmiljön? Vad kan accepteras vid nybyggnad?
- Hur mycket fukt kan materialet utsättas för innan risk för alltför stor skada uppstår?
- Mätmetod för kemiska emissioner i befintliga hus samt gränsvärden för hur stora emissioner som kan accepteras.

Det finns nu ett förslag på hur en checklista skulle kunna se ut. (se sid 14) Den är avsedd att användas av byggherren eller dennes representant för att styra mot en fuktsäker byggnad, där risken för fuktskador minimeras. Arbetet med att fuktsäkra en byggnad bör om möjligt sammanfogas med byggherrens kvalitetsarbete i byggprojektet. I vissa byggprojekt kan det vara lämpligt att sammanfoga fuktsäkerhetsarbetet med det miljöarbete som byggherren driver i projektet.

6.1. Fuktskyddsbeskrivning och Fuktskyddsdocumentation

Stockholms stad har ger ut goda råd om hur de vill att beställare och entreprenörer skall hantera fukt problematiken vid byggentreprenader. Det finns 3 stycken olika mallar beroende på vad det är för entreprenad. Mallarna är gjorda för större byggnader, mindre byggnader samt ändringar av byggnader. Dessa vill Stockholms stad att Boverket skall ta med i sina regler för byggande, detta för att entreprenörer och beställare skall tvingas att planera för att undvika att fuktskador i byggnader uppstår.

Alla tre är uppbyggda på samma sätt och börjar med att bakgrunden till projektet beskrivs. Vad det har för läge och vilken verksamhet som skall bedrivas. Det som tas upp skall framförallt ha betydelse för bedömningen att skadlig fukt kan uppstå. I projekteringsstadiet skall tid för uttorkning finnas med och i den tekniska informationen skall risker för fuktskador bedömas och åtgärder planeras i god tid.

Byggherrens måste på ett aktivt sätt följa med i hela byggprocessen för att ta sitt ansvar. Byggherren krav på fuktskydd skall tydligt framgå i bygghandlingarna. Det kan till exempel vara vilka fuktkvoter som skall gälla på inbyggt material eller vilka uttorkningsprogram som skall användas.

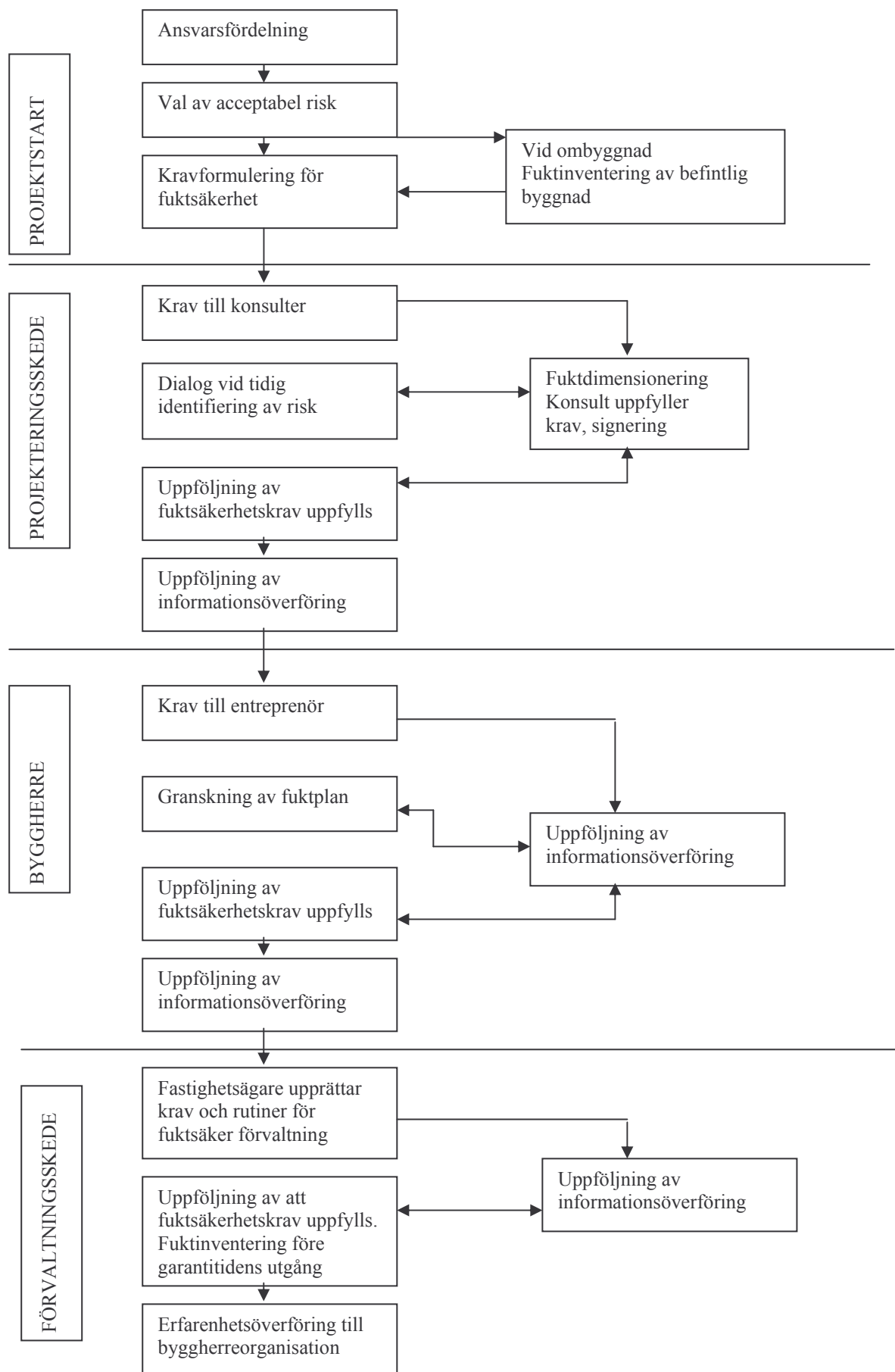
Om entreprenören inte följer de regler och riktlinjer som satts upp angående dokumentation av mätningarna under byggets gång, och lämnat dessa i tid till beställaren eller dess kontrollant kan en viss procent av gällande belopp i betalningsplanen hållas inne.

Under produktionsfasen skall den fuktskyddsansvarige se till att fuktskyddsbeskrivningen övergår till entreprenören kontroll. Här är det viktigt att all berörd personal har kunskap om hur hanteringen skall gå till. Fuktskyddsansvarige skall också se till att kontrollmätningar görs under hela processen och hur mottagningskontroll, skydd av material, skydd av inbyggt material och utbyte av skadat material kommer att utföras och kontrolleras.

Slutligen skall fuktskyddsdocumentationen sammanställas och avspegla byggnadens slutliga utförande och fuktillstånd:

- Fuktmätningar enligt egenkontrollen samt eventuellt mätningar eller besiktningar som är gjorda av sakkunnig, skall sammanställas under denna punkt.
- Drift och underhåll under denna punkt skall det anges vad husägaren bör kontrollera och vad som är särskilt viktigt att kontrollera.
- Övrig dokumentation som till exempel foton som kan vara av intresse för husets fuktredovisning.

Byggherrens checklista för styrning mot fuktsäkerhet



Figur 1 Förslag till checklista för styrning av fuktsäkerhet (Sikander 2002)

7. Mätmetoder

Våra mätningar går till så att vi mäter fuktkvoten i konstruktionsvirke ute på byggarbetsplatser som vi fått via våra samarbetspartners. Fuktkvotsmätning gör med hjälp av en resistansfuktkvotsmätare och bokförs i ett Excel blad. Med hjälp av detta kan vi sedan se fuktkvotsutvecklingen och hur mycket det gör för fuktkvoten att det blir tätt hus och om det hinner torka ut innan man dubblar väggarna eller isolerar vindarna. Vår mätning sker i de stående reglarna mestadels på vindar men också på några väggreglar. Även på ett antal råspontsbrädor gjordes mätningar för att kontrollera om takpappen stänger ute fukten. Det har tyvärr inte blivit så många mätningar i virkes stuvar då dessa inte varit tillgängliga för oss att mäta i på fler arbetsplatser än en. Vi gör också mätningar med data loggar för att se vad det är för klimat på två av våra mätplatser. Till hjälp har vi även sensorer från Alfasensor.

7.1. Resistansfuktkvotsmätare

På marknaden förekommer resistansfuktkvotsmätare med olika uppbyggnad. Sambandet resistans – fuktkvot skiljer sig vanligtvis mellan olika mätare för ett och samma träslag. Därför har Trätec tagit fram kalibreringsblock för vanlig svensk gran och fur. Med ett sådant block kan alla resistansfuktkvotsmätare kalibreras lika.

Kontakt ytan på elektroderna inverkar något på den avlästa fuktkvoten därför har moderna mätare isolerade elektroder som motverkar ytfuktens inverkan på mätningen.

Det är viktigt var i virkesstycket som elektroden slås in. Mätning skall ske 0,3 – 0,5 m från änden, på flatsidan. Elektroden slås in längs fiberriktningen till ett djup av 1/3 av virkestjockleken och längs en tänkt linje belägen 1/3 av bredden från kanten. I köpekontrakt skall det hänvisas till vilken standard som använts. Olika standarder har olika mätprocedurer. De ovan nämnda värdena är tagna ur en nyligen föreslagen europastandard.

Det är inte lämpligt att mäta fuktkvoter under 6 % eller över 25 % med en resistansfuktkvotsmätare. Utanför detta intervall är noggrannheten mycket dålig. Mätvärdena är temperatur och luftfuktighets beroende. Vid kallare temperaturer är det lägsta värdet man kan mäta högt och sedan sjunker det ju högre temperatur det är. Vid mätning med resistansfuktkvotsmätare bör inte kraven på noggrannhet vara högre än ± 1 % vid låga fuktkvoter och $\pm 2,5$ % vid höga fuktkvoter. Träslaget, trävirkets densitet, temperatur och fuktkvotsgradient, elektrodernas kontakt med virket, stiftens placering mm påverkar nämligen mätresultaten mätmetoden är alltså inte noggrannare än så.

7.2. Data loggar

Vi har placerat ut två dataloggar som vi fått låna av Munters Torkteknik AB. Dessa loggar läser av både temperatur och den relativa fuktigheten. Loggarna fungerar så att den gör åtta mätningar per timme och sedan så räknar den ut medelvärdet av dessa mätningar, detta gör att det går att avläsa för varje timme hur temp och RF förändrats. I ett speciellt data program kan sedan de resultat som är relevanta för våra mätningar visas. Via dessa resultat kan sedan ett antagande göras om vilken miljö som är den bästa ur fukthänseende.

7.3. Alfasensor

Alfasensorn är en av de fysikaliska fuktindikatorer som registrerar tiden omgivande luft varit utsatt för en relativ fuktighet som överstigit sensorns specifika gränsvärde.

Principen för sensorn är att en textil reagerar och ger ett färgutslag då den relativa fuktigheten överstiger gränsvärdet för sensorn. Textilens färgutslag följer en tidsskala varav tiden då fuktgränsen överskridits kan avläsas.

Produkten kan idag anpassas med olika RF gränser och tidsskalor för olika produkter och användningsområden.

Alfasensorn svarar inte på vilken specifik relativ fuktighet man har för tillfället, utan kan användas för att undersöka om RF någon gång överskridit sensorns gränsvärde, och i så fall under hur lång tid.

Alfasensorn svarar på frågorna:

- Har det vid något tillfälle varit ett för högt fukttillstånd?
- Har fukttillståndet varit för högt under för lång tid?

För att utreda ett potentiellt fuktproblem kan ofta svar krävas på båda frågorna.

Principen för användning av sensorn är att man enkelt kan läsa av om den gett färgutslag eller inte, och på så sätt få svar på om man har ett potentiellt problem.

Alfasensorn kan användas för att kontrollera luftens RF i ett rum. Men då den är så liten kan den också med lätthet användas vid transporter, då den fästes på materialet eller i dess närhet.

8. Moelven Edanesågen

Som en del i vårt arbete gjorde vi ett studiebesök på Edanesågen i Värmland för att få en insyn i hur hanteringen av virke går till på ett sågverk. Moelven Edanesågen består av ett sågverk och ett hyvleri. Hela anläggningen har 65 anställda och volymen sågade trävaror är ca 110 000 m³ per år och hyvleriet har lika stor produktion. Hanteringen i sågverket går till så att när timret kommer så sorteras det efter längd och diameter, därefter lagras det för att sedan sågas i lämpliga dimensioner. Efter sågningen så ströas det och skickas till torkning.

Torkanläggningen består av 13 kammartorkar och 4 kanaltorkar, i dessa så torkas virket i ca en vecka tills det har en fuktkvot på cirka 18 %.



Figur 2 & 3 Exempel på kanaltork och kammartork (bilder från WSAB)

Efter att virket torkats så mellanlagras det innan det går vidare till ett sorteringsverk där sort och hållfasthetsklass bestäms. När det sorteras så märks också virket så att det går att se på varje plank och regel vilken hållfasthetsklass den har. När det har sorterats så plastas det in och förs vidare till ytterligare en mellanlagring innan det hyvlas. Nu när virket är torkat och hyvlat så är det dags för transport ut till en mellanlagringsplats som ligger i Billingsfors i Dalsland och det är sedan därifrån som virket levereras ut till brädgårdarna.

9. Arbetsplatser

När vi skulle börja vårt arbete så behövde vi objekt att mäta på och de företag som vi samarbetar med ordnade två objekt var. De objekt som vi fick var från Tuve bygg en kontorsbyggnad i

Stenungsund för Akzo Nobel. De objekt vi fick från SBS var en affärslokal i Bergsjön för Lidl och en ombyggnation av Sociala huset för att inhysa den nya Pedagogen. En fördel med våra objekt är att det är olika typer av bygg konstruktioner. På Akzo Nobel Stenungsund så använder sig entreprenören av stålstomme med prefab bjälklag och utfackningsväggar av trä plus att det är en takkonstruktion av trä. På Lidl i Bergsjön så används prefab väggar med trätakstolar. På Pedagogen så är det mycket ombyggnation med trä och betong inomhus plus att det är en ny tillbyggnad på taket av trä och stål.



Figur 4 & 5 Tak konstruktioner till vänster Akzo Nobel till höger Lidl (bild B.Spolander 2005)

9.1. Arbetsplats disposition

På de arbetsplatser som vi har besökt ligger virket täckt med en presenning och det har inte gjorts något underarbete på uppläggningsplatsen, utan virket ligger med bara några strönar under för att skydda mot direkt kontakt med jorden. Lagring på detta sätt gör att virket lätt blir jordstänkt och att markfukten stiger upp under presenningen. Det var endast på Pedagogen som den sista veckan av vår mätperiod det gjordes en riktigt bra uppläggningsplats för virke. Denna byggdes upp med avställningsmaterial och murartrall som underlag för virket.

10. Mätresultat

Våra mätningar påbörjades med att vi åkte ut till arbetsplatsen och väl där valde vi ut det antal mätpunkter som vi ansåg tillräckliga. Främst valde vi platser som kan vara svåra att skydda mot fukt.

Vid Akzo Nobel bygget i Stenungsund så valde vi att ha tio mätpunkter i takkonstruktionen och fyra i väggarna på tre av våningsplanen.

Bygget var uppdelat i två omgångar vilket gjorde att när vi började våra mätningar var halva huset tätt hus, medan på den andra halvan var det bara taket som var på inga väggar. Detta gjorde att vi kunde mäta och jämföra hur stor skillnad det var om virket blev utsatt för fukt mot om det var skyddat.

I diagrammet nedan visas våra mätresultat av fuktkvoten i procent.

Tabell 5 Fuktmätningresultat Akzo Nobel

Fuktmätning Akzo Nobel Stenungsund		Logg 0001 uppsatt 2005-04-01								
Placering	Datum	2005-03-17	2005-03-24	2005-04-01	2005-04-07	2005-04-21	2005-04-28	2005-05-09	2005-05-17	
Mät punkt										
1 Tak inne		20,6	19,7	18,2	18,6	16,4	15,6	14,8	14,7	
2 Tak inne		20,3	19,1	17,7	17,4	16,1	16,2	13,9	12,8	
3 Tak inne		19,3	18,8	17,4	17	17,1	16,6	13,8	13,6	
4 Tak inne		21,7	19,7	19,3						
5 Råspont inne		19,9	16,5	18	16,3	15,3	16,1	14	13,7	
6 Tak ute		20,5	19,6	18,9	18,8	19	15,1	14	14,3	
7 Tak ute		20,6	20,8	18,8	18,2	17,6	15	13,7	13,1	
8 Råspont ute		22,3	20,4	19,4	17,9	16,3	15,4	14,5	13,7	
9 Tak ute		23,8	21,8	20,8	21,5	18,2	17,6	16,3	15,3	
10 Limträ ute		20,6	17	15,2	15,6		14,1	13,5	12,5	
11 vägg plan 5 inne		20,7	20,6	18,7	18,6	16,5	14,3	13,6	13,7	
12 vägg plan 3 inne		22,1	20,3	19,6	17,6	16,3	14,2	13,8	13,5	
13 vägg plan 3 ute		23,5	21,9	20,9	20,3	18,8	17,9	14,5		
14 vägg plan 1 inne		25,3	26,2	23,9	22,3	20	18,2	16,1	16,3	
virkestuv		23,9								
									inbyggd mätare + 2%	
RF mätare har givit utslag på de öppna platserna										
RF mätare		75%	85%							
1		20%	0%							
2		0%	0%							
5		30%	0%							
6		100%	50%							
8		100%	50%	20%	0%					
9		100%	5%							
14		75%	5%							

På denna byggarbetsplats så var det inga problem med uttorkningen dels beroende på att tak och väggar snabbt kom på plats, men också det faktum att uppvärmningen startade snabbt efter tätt hus, gjorde att uttorkningen gick snabbt. Våra RF mätningar visar att på den halva som var tät vid mätstart inte har några problem med för högt RF-värde. Däremot på den öppna sidan så gav det betydligt mer utslag, detta beroende på att denna del har haft samma klimat som uteluften. Det var även så att det tog ett litet tag innan väggarna kom på plats vilket medförde att regnvatten kunde blåsa in under takkonstruktionen. Virkes leveranser till detta bygge skedde med vissa intervall så att de inte blev liggande på marken utan kunde lyftas upp direkt. Våra mätningar visar att det hade gått att bygga igen dessa konstruktioner redan efter 3 veckor utan att ha för hög fukthalt enligt Hus AMA 98.

På SBS Entreprenads bygge vid Pedagogen så har inte byggnationen nått lika långt vilket också visar sig i våra mätningar. Här har vi placerat mätpunkterna på taket och i de virkesstugar som fanns när mätningen startade.

Tabell 6 Fuktmättningsresultat Pedagogen

SBS Pedagogen

Mätpunkt	Placering	Datum					
		2005-03-31	2005-04-12	2005-04-21	2005-04-27	2005-05-04	2005-05-18
1	Tak	18	19,6	21	20,2	18,3	36,3
2	Tak	18,7	19,7	18	18	17,1	16,7
3	Tak	17,3	19,6	16,1	16,5	16,1	17,1
4	Tak	19,6	21	19,4	18	17,1	14,6
5	Tak	20,2	20,5	20,1	16,8	16,1	17,6
6	Tak	20,8	21,1	18,8	17,9	17,1	17,4
7	Virkesstuv Medel	18	19,5	17,5	16,3		
8	Virkesstuv Medel	18,3	20,5	18	17,4		
9	Virkesstuv Medel	19,5	19,6	20,4	19,2	19,4	

Inga RF mätare utplacerade då det inte fanns regnskydd

Tabell 2

Här ser vi att det är en ganska stor variation på fuktkvoten detta beroende på att det inte finns väggar på de byggdelar som vi utfört våra mätningar på. Vi fick också ett väldigt högt värde vid vår sista mätning om detta är ett mätfel eller om det var så högt vet vi inte.

SBS Entreprenad bygget i Bergsjön är i stort sätt färdig byggt. Under vår mätperiod så har det hänt ganska mycket, när vi började så var taket precis tätt och det låg snö och is på golvet medan nu på slutet så är det mest finputs och installationer som sätts upp.

Tabell 7 Fuktmättningsresultat Lidl

SBS Entreprenad LIDL Bergsjön		Logg 2844 uppsatt 2005-03-31						
Placering	Datum	2005-03-22	2005-03-31	2005-04-13	2005-04-21	2005-04-28	2005-05-04	2005-05-17
Mätpunkt								
1 Vind		21,8	20,0	20,8	20,3	18,1	18,0	17,0
2 Vind	Nock	19,6	19,3	19,3	18,0	16,6	17,0	16,2
3 Vind		22,4	21,0	21,7	20,0	18,1	18,7	17,3
4 Vind	Nock	22,7	21,7	21,0	18,6	18,1	18,0	15,8
5 Vind		21,7	20,5	20,4	20,4	18,9	17,4	16,8
6 Vind	Nock	21,1	19,9	20,2	18,6	16,7	16,9	15,5
7 Vind		21,2	21,2	21,5	19,7	17,8	18,1	16,4
8 Vind	Nock	20,6	19,9	20,2	18,4	18,0	18,4	16,9
9 Vind		22,1	19,7	20,0	18,9	17,6	17,4	16,8
10 Vind	Nock	21,5	20,6	20,5	19,5	18,7	18,8	15,4
11 Vind		22,6	20,2	21,4	20,4	19,0	18,2	14,8
12 Vind	Nock	20,8	19,9	20,6	18,8	17,2	17,7	14,2
13 Vind		22,4	20,5	20,5	19,4	17,6	17,3	14,0
14 Vind	Nock	22,4	20,4	21,1	18,5	17,6	17,4	13,3
RF mätare	1	1	2	2	3	3	4	4
Fuktighet	75%	85%	75%	85%	75%	85%	75%	85%
Datum								
2005-04-13	45%	5%	55%	10%	75%	50%	75%	50%
2005-04-21			100%	30%	100%	50%	100%	50% Ny RF uppsatt
2005-05-04	55%	20%	20%	0%	20%	0%	20%	0%

Tabell 3

Vad vi kan se så är det lite långsammare uttorkning på detta bygge, mest beroende på att det är en kallvind. Då det inte finns någon värmare som hjälper till med torkningen så blir det lite högre värden. På RF mätarna så ser vi att det inte alltid varit det bästa torkklimatet vilket också spelat in vad det gäller uttorkningstid.

11. Analys av mätresultat

Under vår mätperiod så har vi haft data loggar uppsatta och de resultat som de ger kan sedan jämföras med de väderdata som SMHI har. På detta sätt så kan skillnaden mellan ute och inne klimatet åskådliggöras och vi kan se hur detta påverkar torktiden i virket. Vi kan även se om våra RF-sensorer har gett resultat som är rimliga. Även de mätningar som gjorts på brädgården kan visa hur ute klimatet påverkar fuktkvoten i virket.

De slutsatser som kan dras av våra mätningar är att det tar lång tid innan det sker en uppfuktning av virket dvs. att det krävs att RF i luften är hög under en längre tid. Vid analys av resultaten så kan en uppfuktning ses efter att det varit en RF på mellan 75 % och 90 % under en dryg vecka (se bilaga 2). Det går också att se att när RF sjunker så börjar även fuktkvoten i virket att sjunka. Om en virkesstuv är täckt så sker det inte någon större uppfuktning om det inte blir vatten stående på virket. Detta är även fallet för virke som är använt i konstruktionen, som t.ex. ena mätpunkten på Pedagogen som steg kraftigt vid sista mätningen (se bilaga 2). Mätningarna visar också att det sker en snabbare uttorkning om det är tätt hus med en varmare påslagen (se bilaga 2). Våra mätningar skedde under våren då det är ett bra torkklimat. Om mätningarna blivit gjorda under höst eller vinter, så är det inte säkert att resultatet blivit det samma. Det har också gjorts mögelprover på alla byggen, av dessa var det bara ett som visade lite för höga värden. Vad detta beror på kan vi inte se med våra mätningar, men det var redan lite påväxt när vi började mäta. Detta kan bero på att takstolarna stod lagrade under pressening i 14 dagar innan de restes och att det under denna period regnade mycket. Det kan också bero på att påväxten skett ännu tidigare t.ex. redan på brädgården (se bilaga 5). Mätvärdena i våra diagram är dygns medel värden då det är en ganska stor temp och RF skillnad under dygnet (se bilaga 1 och 3).

De RF-sensorer som vi har placerat ut på olika platser i hanteringskedjan, visar att det under hela lagringstiden periodvis lagras i för högt RF. Då detta inte ger någon momentan skada, kan det vid för många upprepningar ge en mögel påväxt.

12. Slutsats

Det vi har kommit fram till är att hanteringen av konstruktionsvirke är ganska god. Kunskapen om hur det skall hanteras för att undvika problem i den färdiga konstruktionen finns, men tyvärr används den inte alltid.

Om vi börjar med sågverken så har vi bara besökt ett sågverk och haft kontakt per telefon med ett annat för att skapa oss en bild hur hanteringen går till där. Det vi har kunnat se är att hanteringen sköts bra. Virket lagras väl täckt och under tak för att skydda det mot nederbörd. Kontamineringen av mögelsporer blir också liten på grund av att virket är så väl täckt under hela hanteringen efter att det torkas. Lagringstiderna är inte så långa att det hinner skapa några problem även om relativa luftfuktigheten ofta under året är över 75 %. På det sågverk vi besökte hände det ett fåtal gånger att det bildades mögel på virket under lagringen mellan torkning och hyvlingen, men det virket kasserades med en gång. Andledningen till att det hinner bildas mögel så fort är troligtvis att under torkningen lagras näringsämnen på ytan av virket, men det mesta av dessa försvinner sedan under hyvlingen vilket gör att virket inte möglar lika lätt senare i hanteringen.

Det finns säkert mycket att förbättra i framtiden när forskningen kommit lite längre. I dagsläget är kunskapen om varför vissa brädor/reglar möglar mer än andra inte tillräcklig. Detta är ett område som det forskas mycket inom nu. Några saker som forskarna tror sig veta är att om avverkningen sker på vintern och om virket torkas i flera cykler med en ordentlig konditionering i mellan minskas mängden näringsalter på ytan av det torkade virket. Dessa kunskaper använts inte idag på grund av att det inte lönar sig att göra det.

Transporterna från sågverk till trävaruhandlare sker i täckta bilar vilket ger ett fullgott skydd för virket. Även här är luftfuktigheten ofta för hög, men när det gäller konstruktionsvirke är det inte något problem för transporten bara tar en eller högst två dagar.

Hantering av virket hos trävaruhandlaren sker också den under tak vilket ger ett bra skydd mot nederbörd, men här är inte virket täckt med plast hela tiden vilket gör att det lagras mögelsporer på ytan av virket. Även här lagras virket en stor del av året i för hög luftfuktighet då det sker i öppna lagerhallar. Vi satte på Alfasensors indikator som ger utslag för 85 % RF på en styv med regler som skulle levereras till arbetsplatsen, hos den trävaruhandlare en av våra byggtreprenörer handlar av. När vi kontrollerade den efter en vecka hade den gett fullt utslag. Vi fick också reda på av trävaruhandlaren att det endast i undantagsfall togs några egna fuktprover på virket. I de fall det togs prover var de om kunden begärde det, vilket inte sker så ofta.

När väl virket levereras till byggarbetsplatsen så sker lagringen oftast på marken med alldeles för dåligt strö under, vilket gör att virket lätt kommer i kontakt med marken. Täckningen med presenning är tillräcklig om det görs på rätt sätt. Det händer inte allt för sällan att det slavas med täckningen efter att till exempel byggarbetaren hämtat virke. Detta kan undvikas om lagringsplatsen förses med ett tält.

Det var bara på en av de arbetsplatser som vi besökte som fuktkvoten i virket kontrollerades genom att stickprovskontroller togs. Bara genom att ha en mer genomarbetad plan för detta hade resultatet blivit mycket bättre.

Så för att sammanfatta hela hanteringen av virket från sågverk till byggarbetsplats så är den god. Vad vi har kunnat se på de arbetsplatser i hanteringskedjan vi besökt så är det inget vi direkt kan säga att detta kommer att skapa problem i det färdiga huset.

Men vi har sett att i hela kedjan finns det saker att förbättra. Om vi börjar med sågverken kan de ta hänsyn till vid vilken årstid virket avverkas. När kunskapen om varför vist virke möglar mer än annat kanske torkprogram kan utvecklas så att det blir mindre näringssalter på ytan.

De transporter som sker med täckta bilar är oftast så korta att det ger ett fullgott skydd. Det är endast vid transporter från trävaruhandlaren till byggarbetsplatsen som det sker med öppen lastbil. Detta är transporter som i de allra flesta fall tar någon timma högst. I dessa fall täcks virket med plast vid nederbörd.

På byggarbetsplatsen är lagringsplatsen för virket i de flesta fall undermålig. På en av de arbetsplatser vi besökt byggde de i slutet av vår mätperiod upp en bra lagringsplats. Den byggdes med hjälp av en murarställning som underlag för virket. Detta gjordes för att förbättra lagringsplatsen och utnyttja en slänt som lagringsplats. Resultatet blev en idealisk lagringsplats med hänsyn till att virket inte kom i kontakt med jorden lika lätt, och en god ventilation skapades under lagringsplatsen då presenningen inte går ner mot marken. Det är också ganska lätt att bygga upp stöd för presenningen så att den inte ligger mot virkesstuvorna utan att det kan ventileras även där. Detta ger också bra fastsättningsmöjligheter för presenningen, detta kan ofta vara ett problem vilket gör att presenningen lätt kan blåsa av.

Om en plan för fuktplanering liknade den som Stockholms stad eller den som Eva Sikander på Statens provningsanstalt har sammanställts följs på varje byggprojekt skulle många fuktskador kunna undvikas. Det är inte en så stor investering att skapa ett system och organisation som ansvarar för fuktproblematiken. En del av investeringskostnaden får entreprenören/byggherren tillbaka genom att fuktskadorna minimeras.

Byggherrens ansvar för att undvika fuktskador måste lyftas fram mer. Han måste klart och tydligt i sina handlingar visa vem som har ansvar och vilka krav som ställs på:

- Fuktkvoter i inbyggt material.
- Att tid för uttorkning skall finnas med tidplanen.
- Kontrollmätningar i produktionsskedet och på vilket sätt det skall redovisas.

På detta sätt vet alla entreprenörer som lämnar pris på objektet vad det är som gäller och det blir en mer rättvis anbudsgivning.

De regler som finns för hur hög fuktkvoten får vara i virket är lite vaga. Ett exempel skulle kunna vara att om Hus AMAs regler följs så skall virket klara Svensk standards fuktkvots klass 18 när det byggs in. Men detta innebär att om en hel virkesstuv används så kan vissa regler ha en hög fuktkvot då bara 84 % av stuvén behöver ligga inom 14 % - 22 %. Ytterligare ett exempel kan vara att hus med träregelstomme och träsyll kan ligga och suga fukt från betongplattan utan att det gör något ur fukthänsende enligt Hus AMA.

13. Referenser

13.1. Litteratur

- Ewing A och Wannberg M (2003) *En liten bok om mögel*. Skansen Byggnadsvård, Stockholm
- Lilliensköld M och Lindahl J (2003) *Uttorkning på byggarbetsplatsen – klimat och uttorkningsprocesser*. Examensarbete avd. för byggnadsteknik KTH Stockholm.
- Adamson B (1997) *Fuktsäkerhet i framtida byggnader*. Inst. för byggnadskonstruktionslära LTH Lund
- Hagentoft C-E (2002) *Vandrande fukt strålände värme*. Studentlitteratur
- Grantén J och Sikander E (2003) *Fuktsäker byggnad – Byggherrens krav, styrning och verifiering*. FoU – Väst, Göteborg
- Trätek (1998) *Torkat virke – hur man ställer rätt krav*. Trätek Stockholm
- Skogsindustrierna (2004) *Att välja trä*. Skogsindustrierna Stockholm
- Gilert E och Hallenberg N (1993) *Mikrobiologiska analyser av prover från byggnad*. SP – rapport 1993:19 Borås
- Gilert E och Hallenberg N (1983) *Svamp och mögellukt – ett byggnadstekniskt problem sett ur en biologisk synvinkel*. SP – info 1983:03 Borås
- Gilert E och Hallenberg N (1986) *Mögelpåväxt på trä – fukt-kammarförsök med byggnadsvirke*. Arbetsrapport SP – ET 1986:1 Borås
- Samuelson I och Wånggren B (2002) *Fukt och mögelskador Hammarby Sjöstad* SP – rapport 2002:15
- Gilert E och Hallenberg N (1987) *Mögelpåväxt på trä* Byggeforskningsrådet Rapport R94:1987
- Krakenberger G (1996) *Byggvägledning 9 Fukt* AB Svensk Byggtjänst

13.2. Elektroniska källor

Stockholmstad Stadsbyggnadskontoret *Fuktskydd*

http://www.stockholm.se/templates/template_121.asp_Q_mainframe_E_template_120.asp_Q_number_E_34421_A_category_E_11029_A_cat1_E_440_A_cat2_E_11646_A_cat3_E_11688_A_cat4_E_24_A_c_E_11688_A_name_E_Fuktskydd (maj 2005)

13.3. Muntliga källor

Gunnarsson Mattias *Munters torkteknik AB*
Personlig kommunikation (mars 2005)

Gilert Elisabeth *Botaniska analysgruppen i Göteborg AB*
Personlig kommunikation (maj 2005)

Dejke Valter *Alfasensor AB*
Personlig kommunikation (april 2005)

Olsson Joakim *Optimera Svenska AB/Lorentz*
Personlig kommunikation (april 2005)

Albertsson Sven *Moelven Edanesågen AB*
Personlig kommunikation (april 2005)

Alte Johan *SBS Entreprenad AB*
Personlig kommunikation (mars 2005)

Persson Jan *SBS Entreprenad AB*
Personlig kommunikation (april 2005)

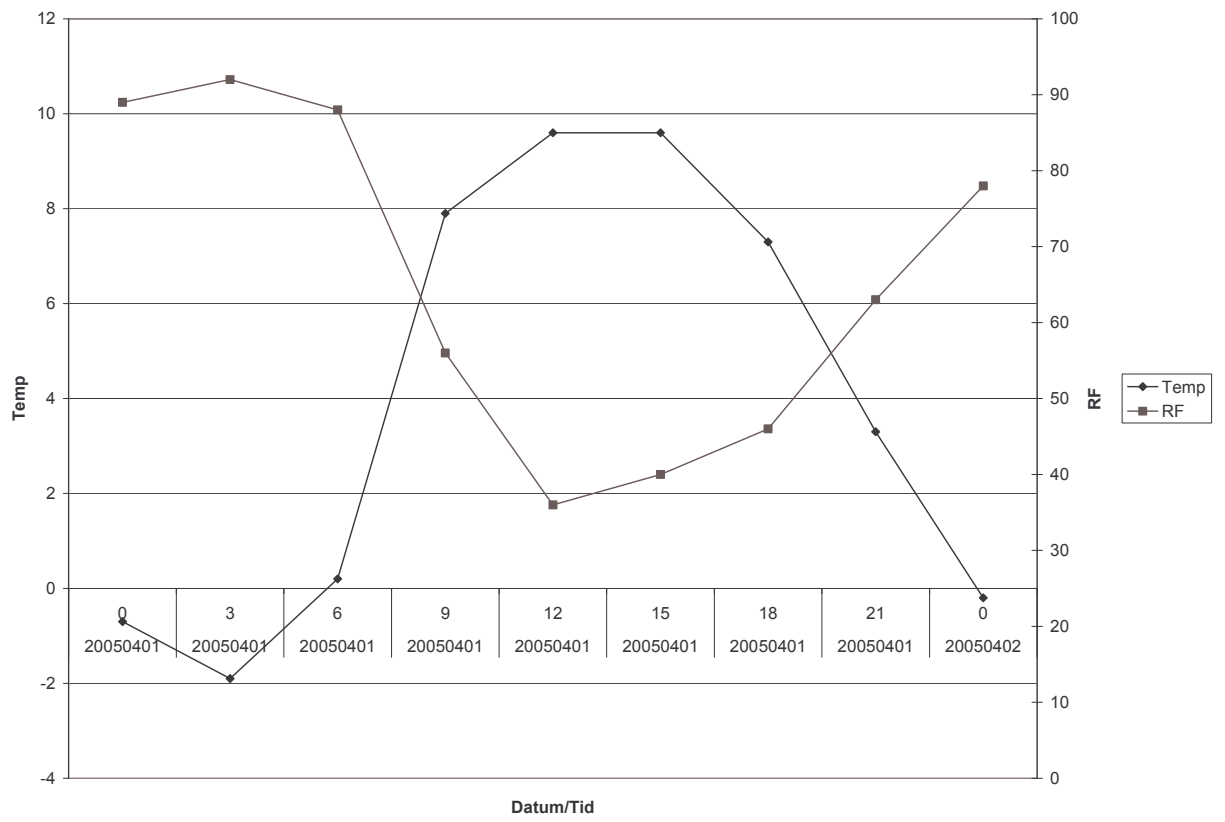
Hurtig Mikael *SBS Entreprenad AB*
Personlig kommunikation (april 2005)

Rundstedt Lars *Tuve Bygg AB*
Personlig kommunikation (mars 2005)

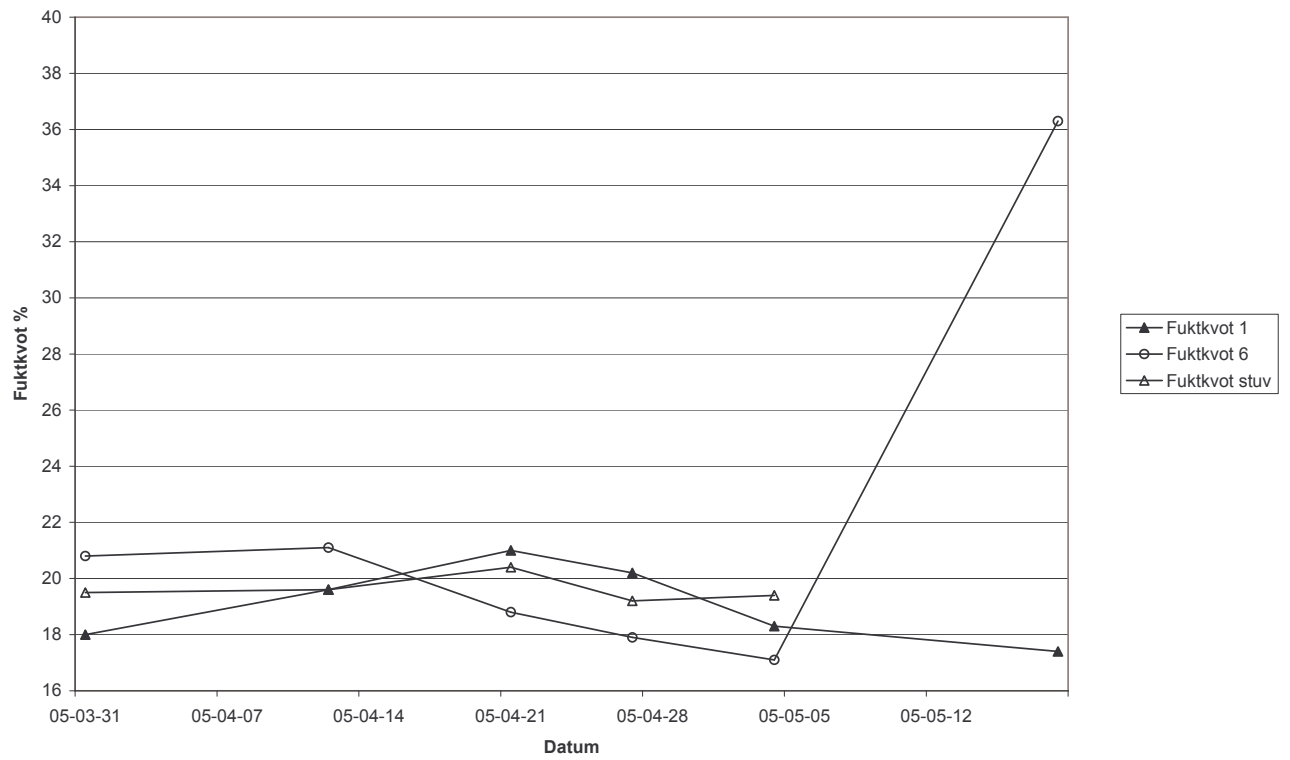
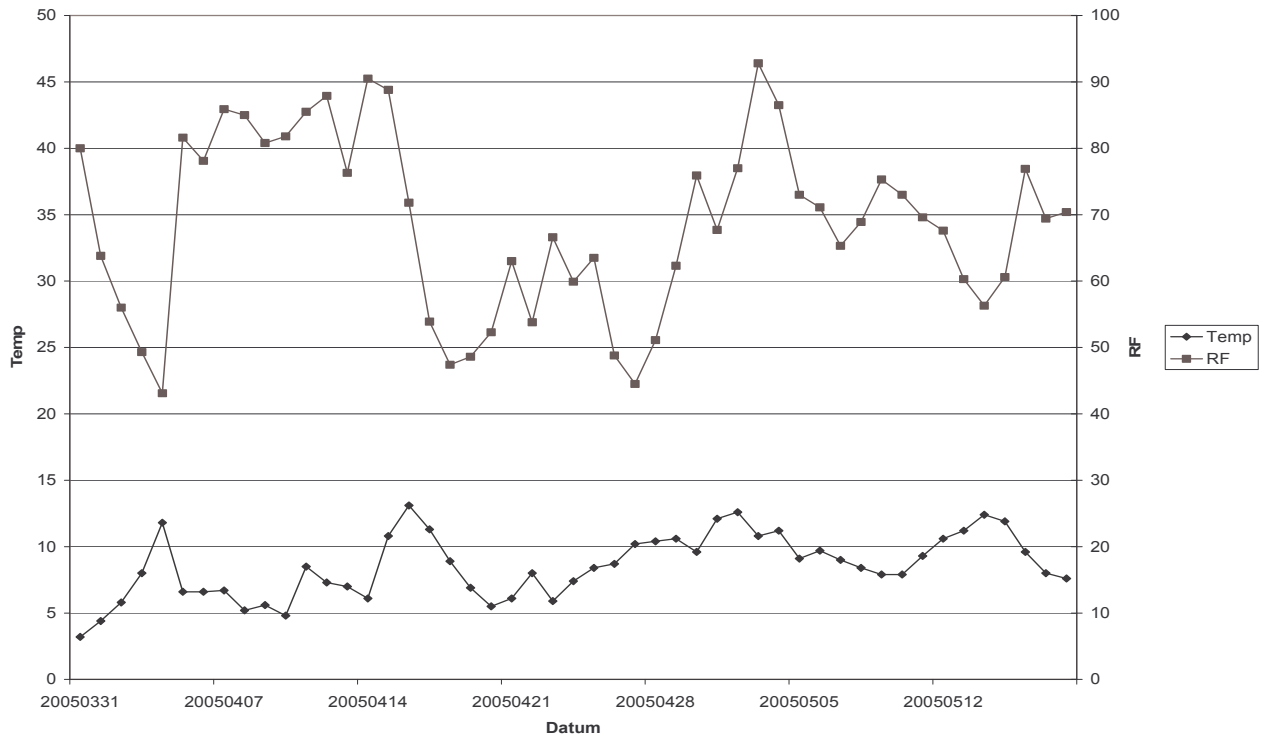
Samuelsson Claes *Tuve Bygg AB*
Personlig kommunikation (april 2005)

Andersson Kent *Tuve Bygg AB*
Personlig kommunikation (april 2005)

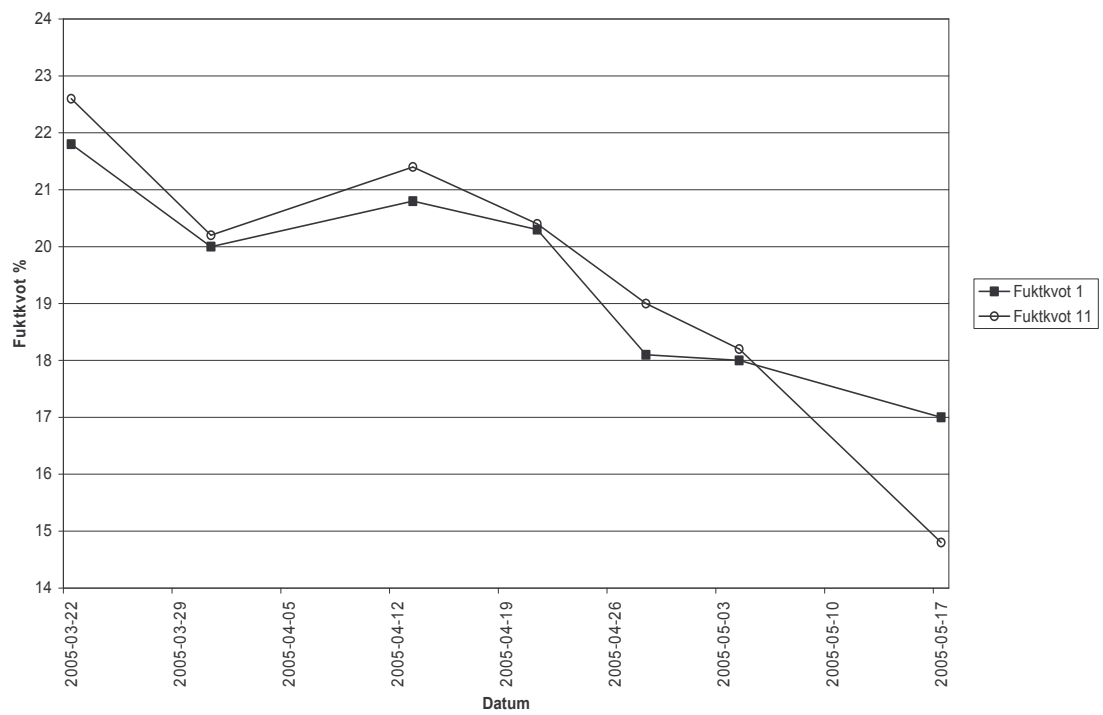
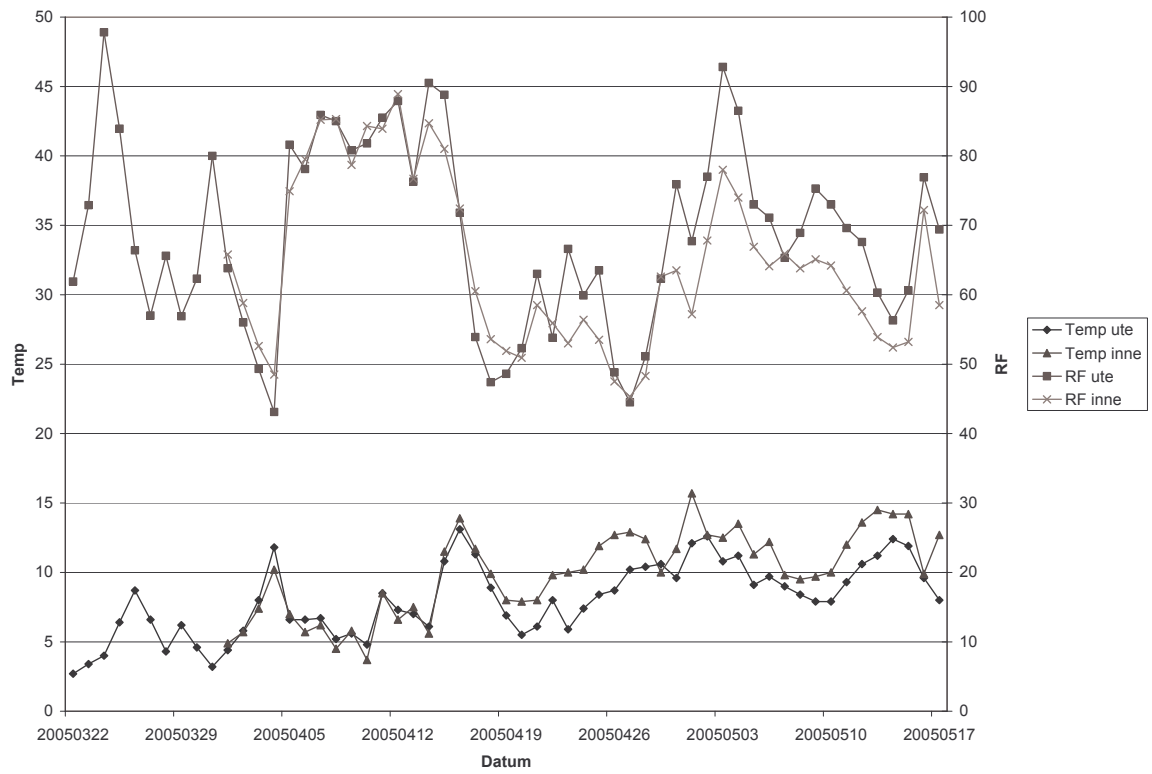
Bilaga 1 Exempel på temperatur och RF svängningar under ett dygn SMHI väderdata



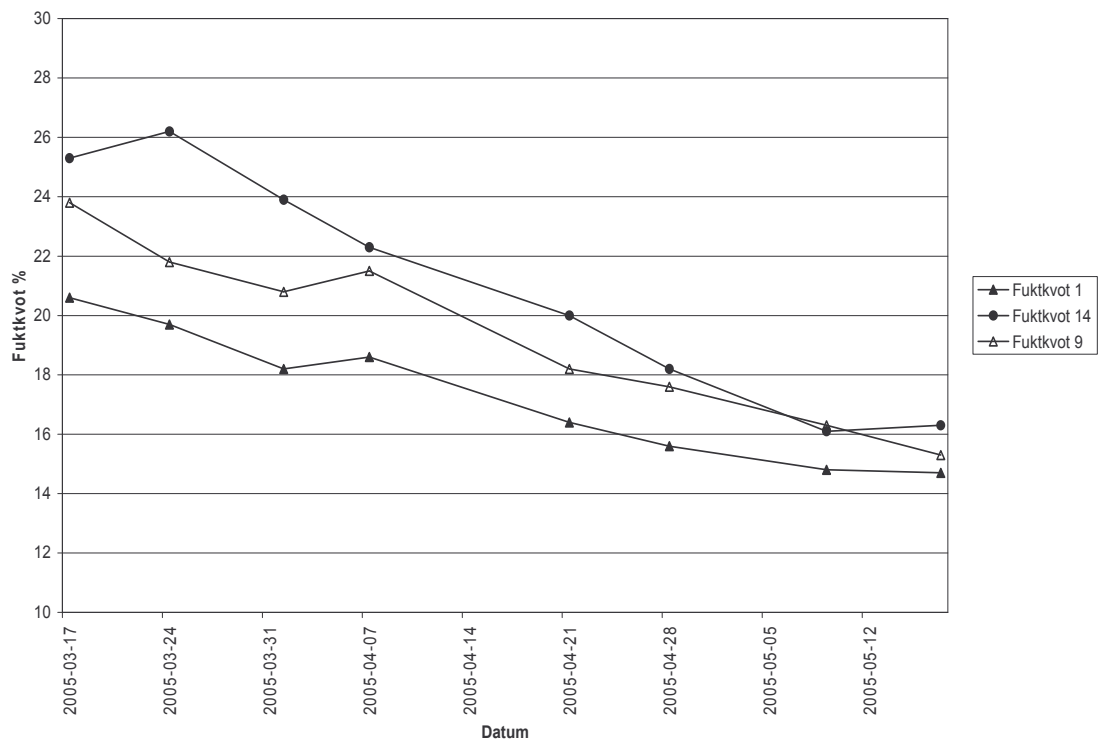
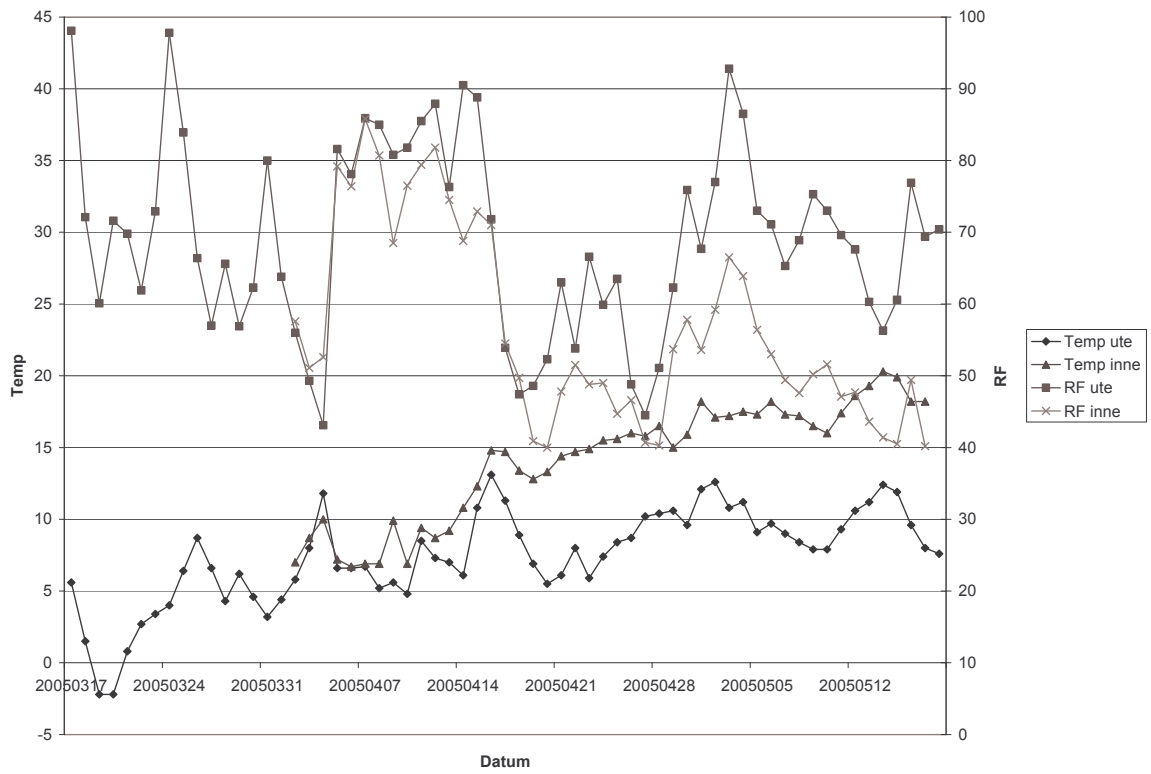
Bilaga 2 Diagram byggen
Fuktmätning Pedagogen



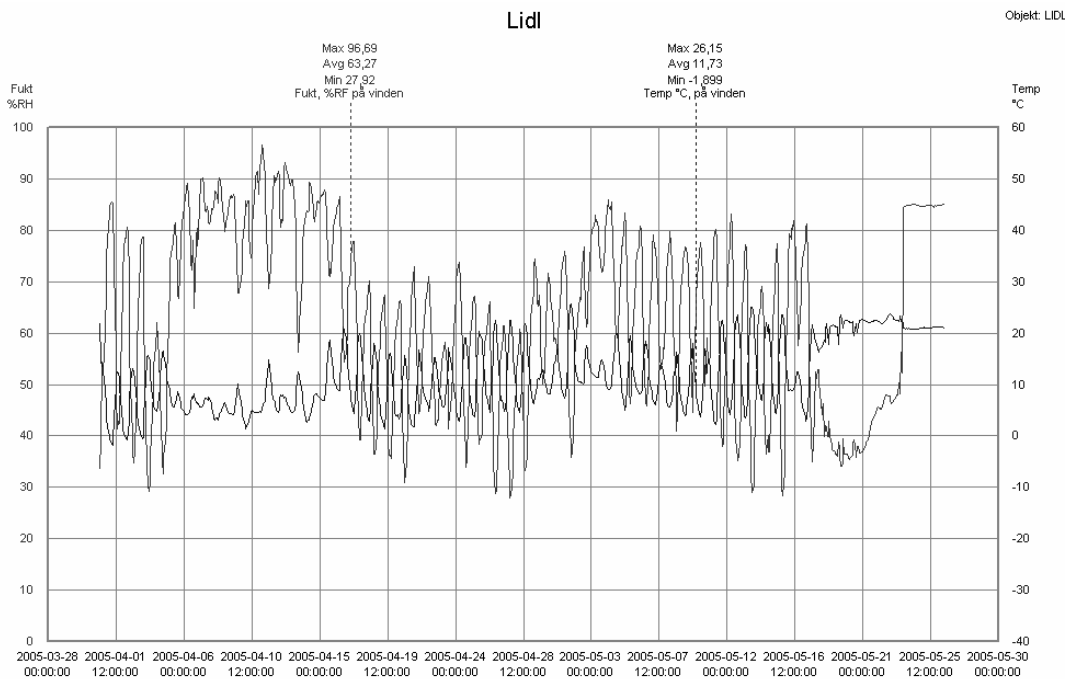
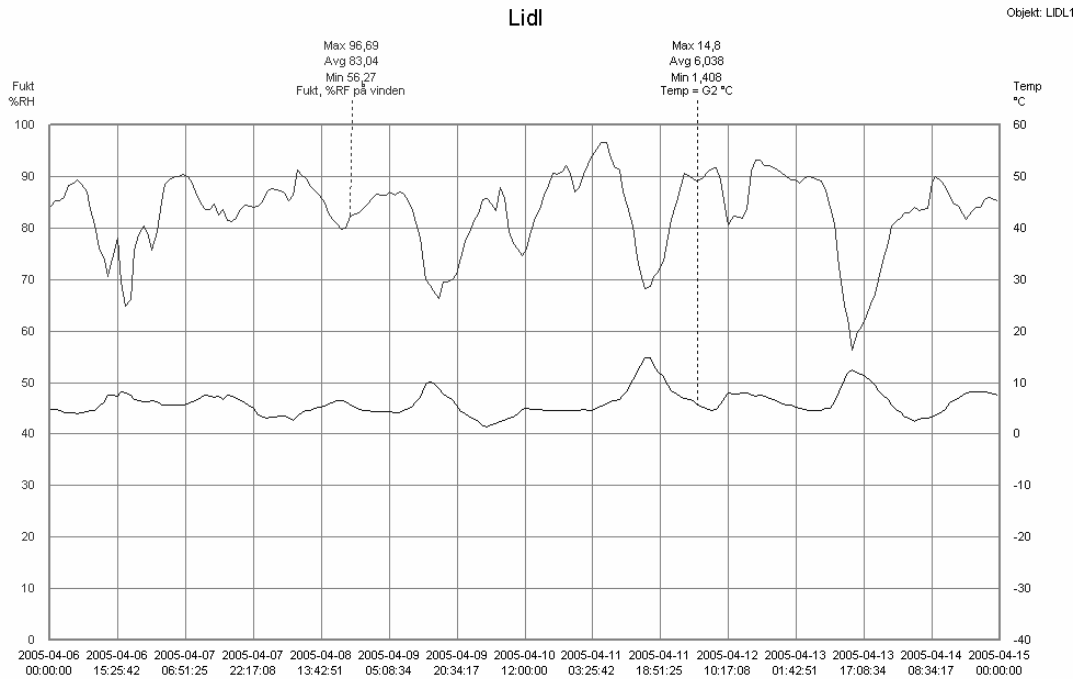
Fuktmätning Lidl



Fuktmätning Akzo



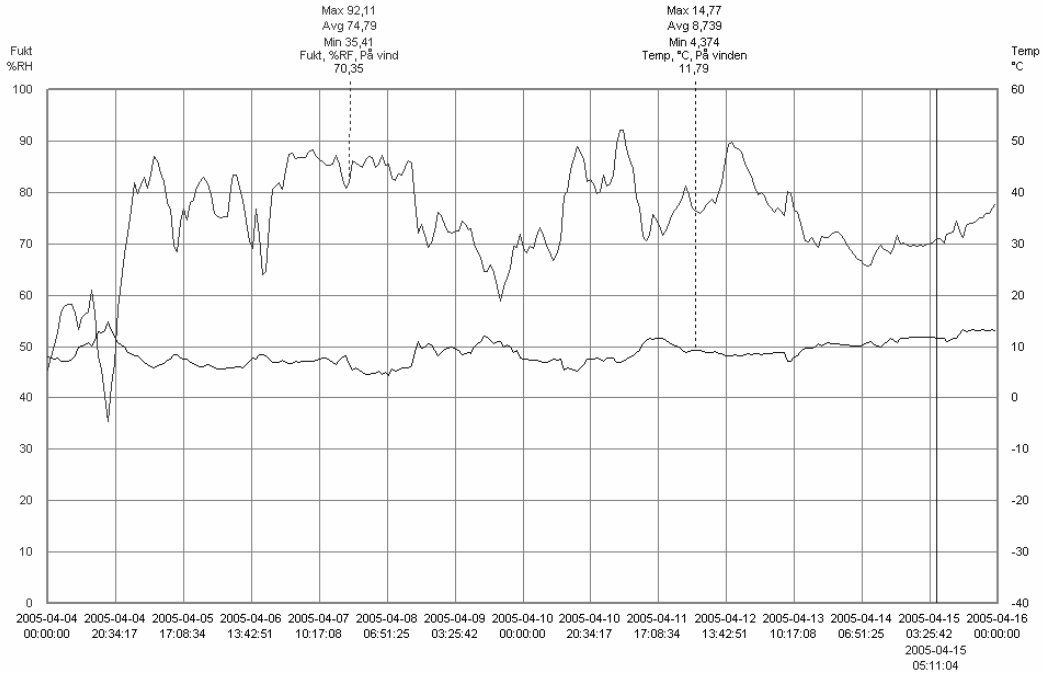
Bilaga 3 Mätvärden från data loggen



Det övre diagrammet är en uppförstoring av en del av det undre diagrammet. Detta för att visa hur högt RF var under den period då den var som högst.

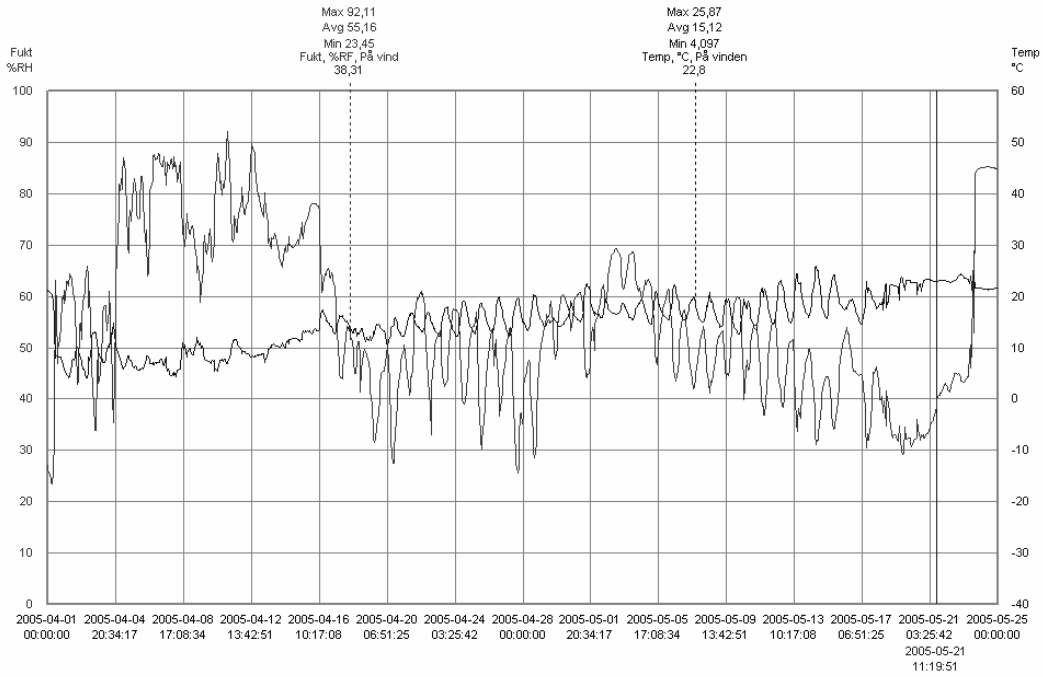
Akzo Stenungsund

Objekt: AKZO1

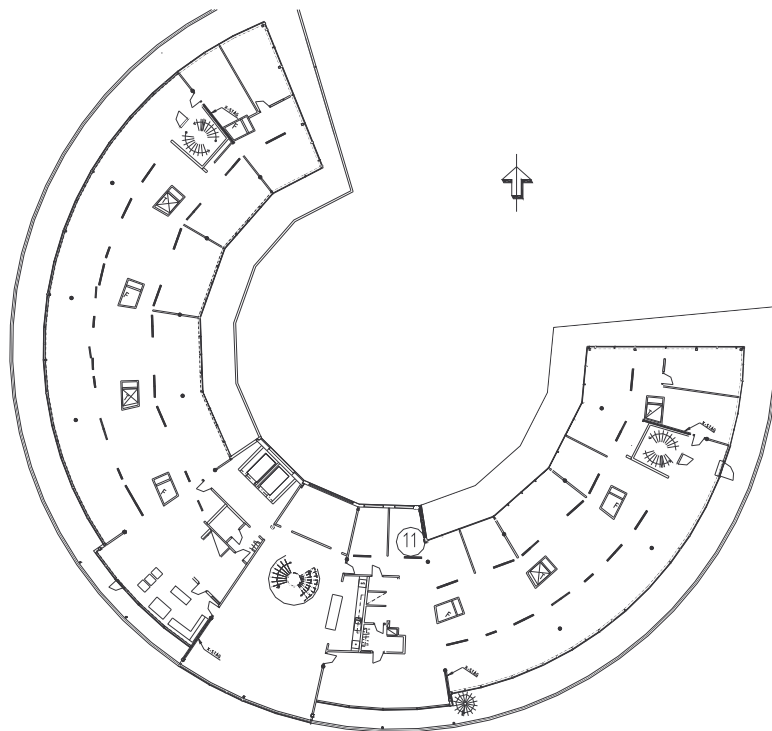
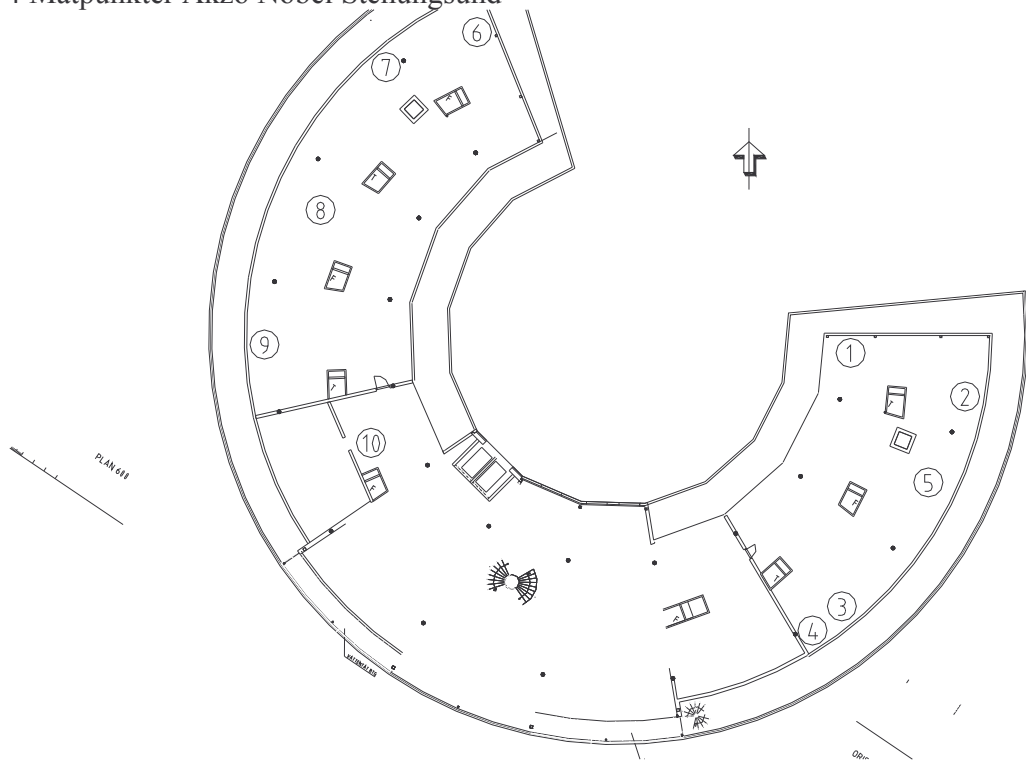


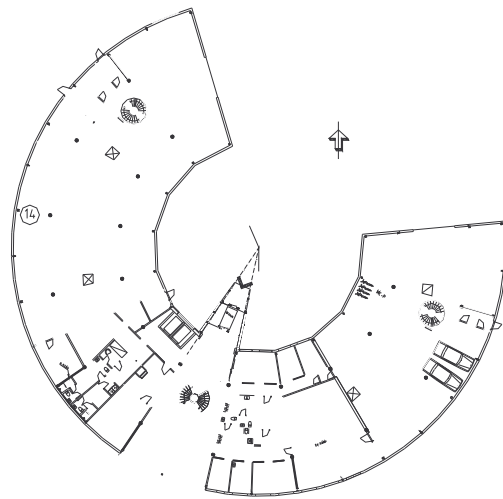
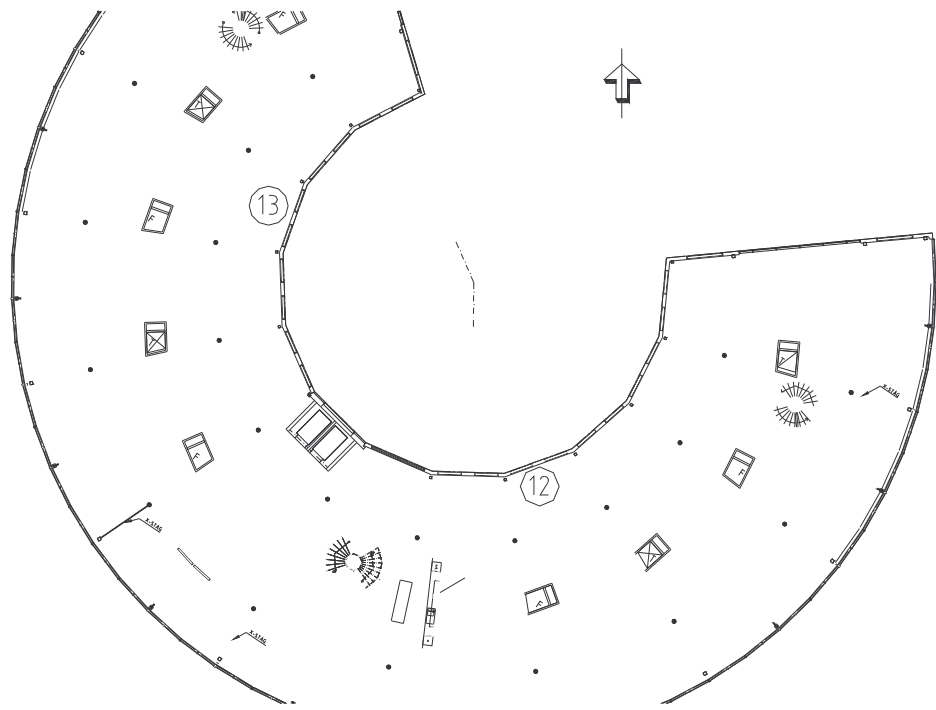
Akzo Stenungsund

Objekt: AKZO1



Bilaga 4 Mätpunkter Akzo Nobel Stenungsund





Bilaga 5 Exempel på hur mögelanalyssvar kan tolkas:

Lukt	Fukt	Förekomst av Mikroorganismer	Bedömning
Nej	Nej	Sparsam	Att döma av detta prov är huset fritt från mikrobiellt angrepp
Ja	Nej	Sparsam	Lukten vittnar om att en mikrobiell skada kan finnas någonstans i byggnaden. Det undersökta provet kan inte förklara lukten. Man måste gå vidare med förnyad provtagning, för att hitta källan till lukten
Ja	Ja	Sparsam	Här finns betingelser för mikrobiell tillväxt, liksom tydlig lukt. Materialet har absorberat lukt. Den mikrobiella påväxten måste finnas någon annanstans än där provbiten togs. Troligen i närheten eftersom fuktillståndet var högt. Förnyad provtagning bör göras.
Nej	Ja	Sparsam	Förmodligen rör det sig om en nyligen inträffad fuktskada. Någon mikrobiell tillväxt har inte ägt rum.
Ja	Nej	Riklig	Uppenbarligen har en tidigare fuktskada orsakat riklig mikrobiell tillväxt med tydlig lukt som följd. Fukten har sedan torkat upp, medan döda inaktiva svamphyfer/bakterier finns kvar. Antingen är det här frågan om byggfukt eller någon typ av periodiskt återkommande nedfuktning med mellanliggande upptorkning.
Nej	Nej	Riklig	En tidigare fuktskada har orsakat den rikliga mikrobiella förekomsten, eventuellt redan på brädgården. Om förekomsten skulle bero på tidigare nedfuktning i konstruktionen, har ingen lukt produceras. Alternativt har lukten klingat av.
Ja	Ja	Riklig	Den tydliga lukten beror med stor sannolikhet på den rikliga mikrobiella förekomsten som är aktiv (höga fuktvärden). Observera att riklig förekomst med luktastring kan förkomma i andra delar av huset..

Mikrobiologisk analys

Chalmers Tekniska Högskola
Institutionen för bygg-och miljöteknik

Objekt: Byggarbetsplats SBS och Tuve Bygg

Provtagningsdatum: 2005-05-17

Provtagare: Jan-Peter Lycke och Bengt Spolander

Prov	Mikroorganismer	Frekvens	Övriga noteringar
Pedagogen	Mögelsvamphyfer Sporer	Sparsam Sparsam	Pollen
Takstol Lidl	Jästsvamp	Sparsam	
Vind Akzo	Sporer	Sparsam	
Vägg Akzo	Inga		

Kommentar: Den mikroskopiska analysen visar att några organismer som kan alstra lukt eller sprida sporer inte finns i det tillsända materialet. Sparsam frekvens anses motsvara en normal förekomst för opåverkat material.

Elisabeth Gilert