

# Kontroll av Torkmiljö

- Hur man på byggarbetsplatsen ska kunna övervaka sin torkmiljö



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Institutionen för Bygg och miljö/Avdelningen för byggnadsmaterial

Examensarbete:  
Tobias Höjer  
Mikael Rosengren

© Copyright Tobias Höjer, Mikael Rosengren

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds Universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds Universitet  
Lund 2007

## Sammanfattning

Vi har i vårt examensarbete undersökt hur byggentreprenörer jobbar med sitt torkklimat och hur torkmiljön kan kontrolleras. Det finns ett stort behov på byggarbetsplatserna för en produkt som skapar förutsättningar för ett rutinmässigt arbete med torkklimatet. Detta kan möjliggöras genom att arbetsplatsen köper in en produkt som innehåller erforderlig mätutrustning, dataprogram för hanteringen av mätresultat samt utbildningsmaterial för hur mätningarna ska genomföras.

Syftet med examensarbetet har varit att ta fram en del av de bitar som behövs för en sådan produkt. Det som har gjorts är en sammanställning av tydliga riktlinjer för hur ett kontrollprogram skulle kunna se ut. Vi kommer att fortsätta arbetet med att färdigställa kontrollprogrammet utanför detta examensarbete tillsammans med Skanska Teknik.

Arbetet har genomförts genom att i en litteraturstudie undersöka vad en torkmiljö är och hur man bäst bör kontrollera den. Denna studie gav oss tydliga indikationer på att för att kunna skapa en uppfattning om torkmiljön så är det enklast att mäta temperatur och den relativa fuktigheten. Platsbesök på arbetsplatser har skett för att undersöka hur man i dagsläget arbetar med torkmiljöer. Vid platsbesöken har intervjuer genomförts med produktionschefer, arbetsledare och hantverkare på fem olika nybyggnationer samt tre uttorkningsfirmor och uthyrare av uttorkningsmaskiner. Intervjuerna gav en överskådlig uppfattning över hur det ser på byggarbetsplatsen idag när det gäller kunskapen och hanteringen av en torkmiljö.

Test i laboratoriemiljö har utförts på olika IR-mätare för att kunna avgöra vilka som lämpar sig för användning i en torkmiljö. Stor vikt har lagts på att utvärdera IR-mätare som ska användas för att kunna mäta ytskiktstemperaturer i torkmiljöer. Kontroller med IR-mätaren har gjorts med avseende på mätavstånd, mät hastighet, temperaturkänslighet, vinkelkänslighet samt ytstrukturkänslighet. Den mätaren som vi anser vara mest lämpad är Trotec TP 8.

Vi kom fram till att kontrollen av torkmiljön bör göras genom kontinuerliga mätningar av temperaturer och relativa fuktigheter, såväl inomhus som utomhus, samt ytskiktstemperaturer på material i torkmiljön. Dessa mätningar bör göras av en utsedd fuktsäkerhetsansvarige på byggarbetsplatsen och utföras minst två gånger i veckan. Mätresultaten kan sen matas in i ett utvecklat excelark som visar styrindikationer för utveckling i torkmiljön.

En fältundersökning och ett första test av kontrollprogrammet har gjorts ute på Raus Vång i Helsingborg för att se hur det framtagna systemet fungerar ute i fält. För att kunna sammanställa mätdata från undersökningen användes Skanskas

excelark. Resultatet från undersökningen gav en positiv indikation på att systemet kan ge goda riktlinjer för hur ett uttorkningsklimat ser ut.

## Abstract

In our examination essay we have investigated how construction workers work with dry out climate and how this climate can be controlled. The purpose of our investigation has been to find practical methods for measuring the dry out climate as well as to find easy and understandable ways to read and interpret the results. This may be possible if the construction site buys a product that includes necessary measuring equipment, adequate computer software for handling the measurement results and accurate education material for knowing how to perform the measurements.

Our examination essay is based on a study of the available Swedish literature regarding the dry out climate and how to control it most accurately. Interviews have been undertaken with workers at the construction site to see how they deal with the problems of the dry out climate. The interviews have taken place at five different construction sites and three different firms specialized in controlling moist in constructions.

We have tested different kinds of gauges to find out which work best in an dry out climate. Most of our testing efforts has been made on Infrared-gauges that are used for measuring the temperature in top layers. The tests on the Infrared-gauges were performed with consideration to the distance to the measuring point, the speed of the Infrared-gauge, sensitivity to temperature differences, sensitivity to the angle of the gauge and sensitivity to different kinds of structure of the surface. The gauge that we found most suitable for these specific measurements was the Trotec TP 8.

The easiest way to control the dry out climate is to make continuous measurements of the temperature and the relative humidity of the inside and outside air as well as of the temperature of the top layer of all building materials. A chosen person at the construction site should perform these measurements at least twice every week. All data should be added into the computer software in which then shows directions for how the dry out climate is developing.

A field study was made at Skanskas construction site Raus Vång to test how control program works in a real situation. The results of all data was displayed in Skanskas computer software. The results from the field study showed a positive indication that the system gives good guidelines for how the specific dry out climate looks like.

Our goal with the essay was to develop a control program for how to control the dry out climate, but because of the deadline we did not finish the work with the actual product. In this essay we have defined how a control program could look like and what kind of necessary equipment to perform the controls.

## Förord

Detta examensarbete är utfört vid Institutionen för Bygg och miljöteknologi, avdelning Byggnadsmaterial på Lunds Tekniska Högskola. Skanska Teknik, Skanska Sverige AB har stått som uppdragsgivare med Peter Brander som handledare. Examinator har varit Katja Fridh, Universitetslektor vid Lunds Tekniska Högskola.

Vi vill tacka alla de personer som hjälpt oss under arbetets gång, Katja Fridh samt Peter Brander för deras jobb med att förbättra vår rapport. Även Swema AB, ISN AB, KDN AB, Nordtec AB och de kontaktpersoner vi haft på dessa företag som tillhandahållit oss fukt- och temperaturmätare till våra försök.

Vi vill även tacka samtliga platschefer, arbetsledare och hantverkare som har bidragit med information till vårt arbete under vår intervjustudie. Även de fuktfirmor, Skanska Teknik, Munters och Skanska Maskin som har ställt upp med både kunskap och litteratur. Ett extra tack vill vi skicka till Lars Culin, produktionschef på Raus vång som låtit oss använda deras torkmiljö för mätningar och tester.

# Innehållsförteckning

|   |    |
|---|----|
| <b>1 Inledning</b> .....                                | 1  |
| <b>1.1 Bakgrund</b> .....                               | 1  |
| <b>1.2 Syfte</b> .....                                  | 1  |
| <b>1.3 Metod</b> .....                                  | 2  |
| 1.3.1 Litteraturstudie .....                            | 2  |
| 1.3.2 Intervjuer .....                                  | 2  |
| 1.3.3 Laboratorietester av mätinstrument .....          | 2  |
| 1.3.4 Fälttest av kontrollprogram .....                 | 3  |
| <b>1.4 Avgränsningar</b> .....                          | 3  |
| <b>2 Litteraturstudie</b> .....                         | 4  |
| <b>3 Intervjustudie på byggarbetsplatsen</b> .....      | 6  |
| <b>3.1 Kunskap på byggarbetsplatsen</b> .....           | 6  |
| 3.1.1 Arbetsledning .....                               | 6  |
| 3.1.2 Hantverkare.....                                  | 7  |
| 3.1.3 Underentreprenören .....                          | 7  |
| 3.1.4 Vidarutbildning .....                             | 7  |
| <b>3.2 Torkmiljön på byggarbetsplatsen</b> .....        | 7  |
| <b>3.3 Fuktkontroller</b> .....                         | 9  |
| 3.3.1 Kontroll av Torkmiljö .....                       | 9  |
| 3.3.2 Kontroll av fukt i betong .....                   | 9  |
| 3.3.3 Kontroller av fukt i trä .....                    | 9  |
| <b>3.4 Egna reflektioner</b> .....                      | 9  |
| <b>4 Torkmiljön</b> .....                               | 11 |
| <b>4.1 Fukt i luft</b> .....                            | 11 |
| 4.1.1 Ånghalt ( $v$ ) .....                             | 11 |
| 4.1.2 Mättnadsånghalt ( $v_s$ ).....                    | 11 |
| 4.1.3 Relativ fuktighet (RF).....                       | 11 |
| <b>4.2 Fuktttransport i luft</b> .....                  | 11 |
| 4.2.1 Diffusion .....                                   | 11 |
| 4.2.2 Konvektion.....                                   | 12 |
| <b>4.3 Fukt i material</b> .....                        | 12 |
| 4.3.1 Fukthalt ( $w$ ).....                             | 12 |
| 4.3.2 Fuktkvot ( $u$ ) .....                            | 12 |
| 4.3.3 Sorptionskurvan / RF .....                        | 13 |
| <b>4.4 Fuktttransport i material</b> .....              | 13 |
| 4.4.1 Avledning/Avdunstning fas 1 .....                 | 14 |
| 4.4.2 Diffusion och kapillärtransport fas 2 och 3 ..... | 14 |
| <b>4.5 Utomhusklimat</b> .....                          | 14 |
| 4.5.1 Ånghalt i utomhusluften.....                      | 14 |
| 4.5.2 Lufttemperatur utomhus .....                      | 15 |
| <b>4.6 Inomhusklimat</b> .....                          | 15 |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 4.6.1      | Fuktproduktion.....                               | 15        |
| 4.6.2      | Fukttillskott .....                               | 16        |
| 4.6.3      | Uttorkningsmaskiner.....                          | 16        |
| <b>4.7</b> | <b>Praktiska effekter i en torkmiljö .....</b>    | <b>16</b> |
| 4.7.1      | Variation av fukttillskottet .....                | 16        |
| 4.7.2      | Infiltration/okontrollerad konvektion.....        | 16        |
| 4.7.3      | Styrd konvektion.....                             | 17        |
| <b>5</b>   | <b>Mätningar i torkmiljön .....</b>               | <b>18</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Temperaturmätningar .....</b>                  | <b>18</b> |
| 5.1.1      | Lufttemperatur.....                               | 18        |
| 5.1.2      | Ytsiktstemperatur .....                           | 18        |
| <b>5.2</b> | <b>Mätmetoder för fukt.....</b>                   | <b>18</b> |
| 5.2.1      | Metoder för fuktkvotsmätning .....                | 19        |
| 5.2.1.1    | <i>Resistiva och kapacitiva metoder.....</i>      | <i>19</i> |
| 5.2.1.2    | <i>Gravimetrisk metod.....</i>                    | <i>20</i> |
| 5.2.2      | Metoder för RF-mätning.....                       | 21        |
| <b>5.3</b> | <b>Fuktkontroll av byggmaterial .....</b>         | <b>21</b> |
| 5.3.1      | Kontroll av betong .....                          | 21        |
| 5.3.2      | Kontroll av trä.....                              | 22        |
| <b>5.4</b> | <b>Loggade mätningar .....</b>                    | <b>22</b> |
| <b>5.5</b> | <b>Mätosäkerhet .....</b>                         | <b>22</b> |
| <b>5.6</b> | <b>Egna Reflektioner.....</b>                     | <b>23</b> |
| <b>6</b>   | <b>Kontrollprogram.....</b>                       | <b>24</b> |
| 6.1        | Varför man ska kontrollera? .....                 | 24        |
| 6.2        | Vad ska kontrolleras? .....                       | 25        |
| 6.3        | Hur ska kontrollerna ske? .....                   | 25        |
| 6.4        | Egna reflektioner .....                           | 25        |
| <b>7</b>   | <b>Laborationsrapport från IR-mätningar .....</b> | <b>26</b> |
| 7.1        | Förutsättningar .....                             | 26        |
| 7.2        | Utrustning .....                                  | 26        |
| 7.3        | Utvärdering av mätinstrument .....                | 27        |
| 7.3.1      | Syfte.....  | 27        |
| 7.3.2      | Utförande.....                                    | 27        |
| 7.3.3      | Resultat och analys .....                         | 27        |
| <b>7.4</b> | <b>Mätavstånd .....</b>                           | <b>28</b> |
| 7.4.1      | Syfte.....  | 28        |
| 7.4.2      | Utförande.....                                    | 28        |
| 7.4.3      | Resultat och analys .....                         | 29        |
| <b>7.5</b> | <b>Mäthastighet .....</b>                         | <b>30</b> |
| 7.5.1      | Syfte.....  | 30        |
| 7.5.2      | Utförande.....                                    | 30        |
| 7.5.3      | Resultat och analys .....                         | 31        |
| <b>7.6</b> | <b>Vinkelkänslighet .....</b>                     | <b>32</b> |



|  |           |
|--|-----------|
| 7.6.1 Syfte .....  | 32        |
| 7.6.2 Utförande .....  | 32        |
| 7.6.3 Resultat och analys .....                                  | 33        |
| <b>7.7 Ytskiktскänslighet .....</b>                              | <b>34</b> |
| 7.7.1 Syfte .....  | 34        |
| 7.7.2 Utförande .....  | 34        |
| 7.7.3 Resultat och analys .....                                  | 35        |
| <b>7.8 Temperaturкänslighet .....</b>                            | <b>36</b> |
| 7.8.1 Syfte .....  | 36        |
| 7.8.2 Utförande .....  | 36        |
| 7.8.3 Resultat och analys .....                                  | 36        |
| <b>7.9 Slutsatser .....</b>                                      | <b>38</b> |
| <b>8 Fältmätning samt test av excelark .....</b>                 | <b>39</b> |
| <b>8.1 Fältmätning av torkmiljön på Raus Vång .....</b>          | <b>39</b> |
| 8.1.1 Syfte .....  | 39        |
| 8.1.2 Utförande .....  | 39        |
| 8.1.3 Resultat och analys av mätdata .....                       | 40        |
| 8.1.4 Resultat och analys av grafer .....                        | 41        |
| <b>9 Vårt förslag till kontrollprogram för en torkmiljö.....</b> | <b>44</b> |
| 9.1 Utbildning .....   | 44        |
| 9.2 Utrustning vid kontroll .....                                | 44        |
| 9.3 Utförande av kontroll .....                                  | 44        |
| 9.4 Redovisning.....   | 44        |
| <b>10 Slutsats och diskussion.....</b>                           | <b>46</b> |
| <b>11 Förslag till fortsatta studier .....</b>                   | <b>48</b> |
| <b>12 Referenser .....</b>                                       | <b>49</b> |
| <b>13 Bilagor.....</b>   | <b>50</b> |



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Under vår treåriga utbildning till högskoleingenjörer i Byggteknik har vi under ett flertal av våra kurser blivit informerade om problem med fukthanteringen vid nybyggnation, både från kurslitteratur och av gästföreläsare som har betonat vikten av att öka arbetet med fuktsäkert byggande. Därför har vi valt att inrikta examensarbetet mot fukthantering vid nybyggnation.

Vi kom i kontakt med Peter Brander på Skanska Sverige AB som påpekade brister i kunskap, hantering samt kontroll av uttorkningsmiljöer så som det sker idag. Efter noggranna funderingar valde vi att rikta arbetet mot kontrollen av torkmiljön; hur den fungerar? Vad som styr den? Samt hur man kan kontrollera den?

Efter att ha funderat ytterligare kom vi fram till en huvudfrågeställning i arbetet som lyder: Går det på ett enkelt sätt att kontrollera en torkmiljö och vilken utrustning bör i så fall användas?

Kontrollen av en torkmiljö skall utföras som ett komplement till de kontroller som idag redan utförs på byggarbetsplatsen. Kontroller som idag utförs är fuktkvotmätningar i trä samt fuktmetningar i betong enligt RBK-systemet. RBK eller Rådet för ByggKompetens startades år 1999 för att samla all kompetens kring fuktmetning i betong. Detta för att säkerställa osäkerheter i mätningarna genom att rekommendera mätmetoder.

Med torkmiljö menar vi den omgivande miljö som påverkar uttorkningen av byggmaterialen. Inomhus- och utomhusluften påverkar torkmiljön precis som ventilationen, tryckskillnader och materialtemperaturer. En bra torkmiljö ska ge byggmaterial goda förutsättningar för att på ett snabbt och effektivt sätt komma i jämvikt med inomhusklimatet.

## 1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att förbättra samt skapa nya förutsättningar för ett rutinmässigt arbete på byggarbetsplatser med avseende på kontroll av torkmiljö. Det rutinmässiga arbetet ska leda till att arbetsledningen på byggarbetsplatsen ska kunna få fram hur torkningen ser ut istället för att anta. Konkreta mätvärden från kontinuerliga kontroller behövs för att detta ska kunna åstadkommas.

Genom kontrollen av torkmiljön ska byggarbetsplatser kunna undvika fuktskador som uppkommer på grund av okunskap om torkmiljön och även ge förutsättningar för ett mer kontrollerat arbete med uttorkningen. Detta genom

att hela tiden veta hur torkmiljön ändras. I bästa fall ska kontrollerna kunna generera minskade kostnader på grund av minskade uppvärmningskostnader samt att tidplanen oftare kan följas.

Förhoppningen med arbetet är att kunna skapa ett mer standardiserat kontrollprogram för torkmiljöer. Ett kontrollprogram för torkmiljö innehållande både rekommendationer, mätutrustning, utbildningsmaterial samt en metod att på ett överskådligt sett utvärdera mätvärdena.

## 1.3 Metod

### 1.3.1 Litteraturstudie

I litteraturstudien har vi sökt material som är skrivet om torkmiljöer och uttorkning i Sverige. Sökningen har skett dels i vår egen kurslitteratur samt på universitetsbiblioteket och dess databaser. Vår handledare har även tillhandahållit oss med äldre examensarbeten samt facklitteratur.

### 1.3.2 Intervjuer

En del av vårt arbete har handlat om att granska de metoder som idag används för att kontrollera och styra en torkmiljö. För att kunna göra detta har vi intervjuat hantverkare, arbetsledare och produktionschefer på olika arbetsplatser. De besökta arbetsplatserna har valts med avseende på storlek, stomme samt hur långt arbetet pågått. Syftet har varit att variera de olika intervjuobjekten för att få en bredare bild av hur uttorkningen sköts på arbetsplatsen. Även områdesspecialister så som uttorkningsfirmor har intervjuats för att få en annan bild över hur uttorkningsarbetet bedrivs och kontrolleras idag.

### 1.3.3 Laborrietester av mätinstrument

För att kunna styra en torkmiljö måste man ha kunskap om förhållandena i varje specifik torkmiljö, detta kan enbart fås genom kontinuerliga kontroller under varje uttorkning. För att kontrollerna ska kunna ge användbara resultat krävs det att utrustningen är pålitlig samt att mätningarna är regelbundet utförda. För att hitta mätmetoder som i praktiken går att utföra har vi testat och jämfört några av de olika mätinstrumenten på den svenska marknaden. Testerna av utrustningen utförs för att hitta brister och styrkor hos mätinstrumenten och hanteringen av dessa. Finns det någon eller flera givare som klarar av att ge tillräckligt noggranna värden i en torkmiljö på byggarbetsplatsen? För att hitta svagheter och begränsningar för apparaturen så kommer vi att göra försök i laboriemiljö där vi testar mätaren under konstanta förhållanden och med varierande påfrestningar på instrumentet.

#### 1.3.4 Fälttest av kontrollprogram

För att testa kontrollprogrammet i sin helhet krävs att kontroller görs enligt programmet i en verklig torkmiljö. Testerna utfördes på Skanskas radhusbygge Raus Vång i Helsingborg. Kontrollen utfördes under två veckors tid i maj och den gjordes i en torkmiljö som bestod av fyra stycken sammansatta tvåplansbostäder. Kontrollen gjordes på både bottenvåningen och övervåningen. Radhusen bestod av en tegelbeklädd träkonstruktion med platta på mark som grund.

#### 1.4 Avgränsningar

I litteraturstudien har vi valt att inrikta oss mot forskning som gjorts inom Sverige, detta på grund av den begränsade arbetstiden på femton veckor.

Under insamlingen av mätinstrument vände vi oss till fyra av de större återförsäljarna av mätinstrument i Sverige och bad de tillhandahålla oss med de instrument de ansåg vara mest lämpade för mätning av ytskiktstemperatur.

Under hela byggprocessen bör kontroller utföras kontinuerligt med avseende på fuktsäkert byggande. Kontrollprogram kan behövas under alla dessa steg. Vi har i vårt arbete valt att enbart arbeta med ett kontrollprogram som börjar från och med att det är tätt hus och avslutas när ytskikten är på och husets eget värmesystem slås på.

## 2 Litteraturstudie

### Litteratur

*Fukt i trä för byggindustrin, 2005, Brander, Esping, Salin*

Fukt i trä är en nyligen uppdaterad bok som beskriver hanteringen av fukt i trä på byggarbetsplatsen. De delar av boken som vi haft störst nytta av är kapitel 4, mätmetoder för fuktmätning i trä, kapitel 5, osäkerheter vid fuktmätning i trä, kapitel 7, upprättande av kontrollprogram samt kapitel 10 byggfukt och uttorkning.

*Effektiv byggtorkning, 1997, Almqvist, Lindvall*

Litteratur som berör stora delar av vårt arbete, en av få böcker vi hittat som på allvar tar upp problematiken kring uttorkning och torkmiljö. Kapitel 5 ger en bild över hur verkligheten ser ut på arbetsplatser idag. Här ges även direktiv över hur byggtorkning borde se ut.

*Uttorkning på bygget, 2005, Brander*

Utbildningsmaterialet är relevant för vårt arbete, en bra övergripande blick för hur en torkmiljö fungerar och bör skötas ges av rapporten. En större inblick i torkmiljöns påverkan av årstiderna finns beskriven i denna rapport.

*Uttorkning på byggarbetsplatsen, 2003, Lilliesköld, Lindahl*

Examensarbete från KTH gällande uttorkning, torkklimat samt uttorkningskostnader. Arbetet är i högst relevant för vårt arbete eftersom stor vikt läggs vid torkmiljön och hur viktig den är för uttorkningen.

*Fuktmätning i byggnader, 2006, Nilsson, Sjöberg, Togerö*

Häftet ger en bild över vilka olika typer av mätningar som görs på fukt och temperaturer, fuktmätning med avseende på både relativ fuktighet och fuktkvot. Även fakta om osäkerheter vid mätning har använts från litteraturen.

*Entreprenörens verktyg för fuktsäkert byggande, 2005, Johansson, Stjernedal*

Examensarbetet från Chalmers Tekniska Högskola berättar om entreprenörens roll och ansvar vid fuktsäkert byggande. Arbetet tar upp brister och behov på byggarbetsplatsen för att minska skador orsakade av fukt.

### Seminarier

*Temadag fuktmätning, 2007, Fuktcentrum LTH, RBK*

Ett antal föreläsningar angående fuktmätning, till exempel Anders Sjöbergs föreläsning om loggande mätningar i betong som kommer att vara något för framtidens fuktkontrollering. Ted Rapps föreläsning angående RBK gav en god inblick av hur det ser ut för RBK-mätningar idag samt Peter Branders föreläsning om fuktmätning i trä<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <http://www.fuktcentrum.lth.se/Temadag%20Fuktm%20m%20m%20mars%202007%20LTH.pdf>

## **Sökning på databasen Lovisa, Elin**

Fuktkontroll – inga träffar

Torkmiljö – inga träffar

Uttorkning - resultatet gav inga relevanta träffar för vår studie

Fuktmätning – inga relevanta träffar gällande torkmiljö.

Anmärkningsvärt är att vi sökt på både vanliga söksidor på webben samt i LTH:s databaser utan att ha hitta något arbete som behandlat vårt ämne. Vi har även försökt att söka på engelska utan större framgång. Dock har inte lika mycket arbete lagts ner på att söka engelska skrifter som svenska, detta på grund av vårt examensarbets begränsning.

## **Internet**

[www.fuktcentrum.lth.se](http://www.fuktcentrum.lth.se)

Genom fuktcentrum har vi kommit i kontakt med programmen TorkaS och Klimatdata som har breddat vår syn på uttorkning.

[www.rbk.nu](http://www.rbk.nu)

På RBK:s hemsida har vi fått en större inblick i hur mätningar görs i betong. Detta är viktigt för vårt arbete eftersom våra mätningar ska fungera som ett komplement till RBK mätningarna.

### 3 Intervjustudie på byggarbetsplatsen

För att kunna bilda oss en uppfattning av hur arbetsplatserna hanterar sina torkmiljöer samt fuktkontroller har vi intervjuat personal på fem olika byggarbetsplatser runt om i Skåne. Intervjuerna har varit likriktade för att vi ska kunna dra paralleller och jämförelser mellan olika byggen och personer, frågorna finns i bilaga 7 och 8. Alla intervjuer har varit anonyma och varit uppdelade mellan de olika arbetsrollerna på byggarbetsplatsen, 12 stycken produktionschefer och arbetsledare samt 8 stycken hantverkare har intervjuats. Samtliga intervjuer blev av praktiska skäl utförda med anställda på Skanska med undantag för ett par fuktkontrolleringsfirmor.

Frågorna som ställts har varit inriktade på tre olika kategorier, egenupplevd kunskapsnivå om uttorkning på arbetsplatsen, torkmiljön på arbetsplatsen samt omfattningen av fuktkontroller. Intervjuerna har genomförts som ett samtal där det ibland presenterats korta, precisa svar och ibland mera utförliga förklaringar. Vi har i sammanställningen förklarat likheter och skillnader mellan olika byggarbetsplatser samt infogat egna reflektioner kring arbetet med torkmiljöer.

#### 3.1 Kunskap på byggarbetsplatsen

##### 3.1.1 Arbetsledning

Efter att ha utvärderat våra intervjuer med produktionschefer och arbetsledare verkar det som om det finns två olika typer av. Av de 12 arbetsledarna och produktionschefer vi intervjuat har 9 stycken fått sin utbildning genom många års erfarenhet inom byggbranschen, samt via en grundutbildning i form av en tvåårig bygg och anläggningsutbildning på gymnasienivå. 2 st av dessa 9 chefer har istället för två år på gymnasienivå den fyraåriga gymnasieingenjörsutbildningen. Gemensamt för dessa nio är att vi uppfattar att det finns en stor kunskap hos dessa chefer om hur ett bygge ska skötas. De resterande cheferna vi träffat har varit lite yngre och med en bakgrund från antingen civilingenjörsprogrammet eller en annan högskoleutbildning. Dessa chefer uppfattar vi har en stor teoretisk kunskap och är insatta i problematiken kring fukt och uttorkning.

På frågan om de olika cheferna ansåg att de själva hade tillräcklig hög kompetens för att kunna sköta en uttorkning var svaren väldigt spridda mellan de olika cheferna. Bland de knappa tio chefer som arbetat länge inom byggbranschen fanns det både de som ansåg sig vara fullt kompetenta och de som ansåg sig helt okunniga. De flesta cheferna ansåg sig dock ha tillräckligt stor kompetens för att kunna sköta sin uttorkning så länge inga stora problem uppstår. De som inte ansåg sig ha tillräcklig hög kompetens valde att tidigare i byggprocessen ta hjälp av underentreprenörer.



### 3.1.2 Hantverkare

Kunskapen om torkmiljö som finns hos hantverkarna på byggarbetsplatserna vi besökt har varit enbart erfarenhetsbaserad. Intresset bland många av hantverkarna att lära sig mer om uttorkningsarbetet har varit stort. En möjlighet finns idag för arbetarna på Skanska att lära sig mer om uttorkning, den möjligheten är att gå en frivillig kurs om uttorkningsarbete. Dock hade ingen av de vi samtalat med deltagit i en sådan kurs.

En del hantverkare antydde att de inte fått någon utbildning i de nya byggmetoderna, som till exempel varför man använder plastfolier vid träkonstruktioner samt varför man inte kan ha mer ventilation i torkmiljön under arbetstid.

### 3.1.3 Underentreprenören

Två av de underentreprenörerna vi intervjuat har haft stor kunskaper kring uttorkningsmaskiner samt hur man ordnar stora torksystem. Endast en av de intervjuade hade stor kunskap kring torkmiljön och dess inverkan på uttorkningen. Ingen av de intervjuade hade som rutin att göra mätningar av temperatur eller relativ fuktighet i varken inomhus- eller utomhusluften.

### 3.1.4 Vidarutbildning

Inom Skanska och Sveriges Byggindustrier erbjuds en mängd vidareutbildningar för både chefer och hantverkare inom uttorkningsarbete. Det som har framgått under våra intervjuer är att de kurser som erbjuds inte är obligatoriska utan att det är upp till varje enskild individ. Detta leder till att kunskapsnivån på arbetsplatsen varierar.

Under intervjun hävdade en arbetsledare att han deltagit i en kurs om arbete med uttorkning som skulle vara för samtliga arbetsledare på Skanska, denna kurs hade ingen av de andra arbetsledarna hört talas om. Detta var ett av flera exempel på hur möjligheterna för vidareutbildning skiljer sig åt inom Skanskas egen organisation.

## 3.2 Torkmiljön på byggarbetsplatsen

Det som alla på byggarbetsplatsen är överens om vad det gäller arbetet med torkmiljö är vikten av att få huset tätt snabbt och att därefter sätta på värme så att husets värmesystem kan användas för att torka ut byggfukten. Alltså att man så snabbt som möjligt ska få de mest känsliga materialen i en skyddad varm miljö. På de byggarbetsplatser som producerar villor eller andra småhus är det lättare att arbeta mot en torkmiljö som redan vid montering nästan är torr. Detta tack vare att träkonstruktionen kan byggas i partier under tak som under en dag byggs samman till ett tätt hus. Denna metod är mycket effektiv om materialen man

bygger in är torra vid montering. Det finns tyvärr exempel på byggen där blött trä har byggts in i partier som sedan sammanfogats till tätt hus och därmed försvårat arbetet med uttorkningen.

Ett par av produktionscheferna ansåg att det vid större och mera komplicerade byggen inte var möjligt att bygga huset tätt med torra material från grunden. Detta betyder att man är medveten från byggstart om att man kommer att bygga med fuktiga material men att man planerar för en uttorkning. Resultaten av intervjuerna pekar på att man redan under projekteringen planerar hur man ska sköta uttorkningen för att kunna få struktur och kontroll på torkmiljön. Planeringen avser vilka uttorkningsmaskiner som bör användas, vilka materialval och hur man ska lösa öppningar i konstruktionen som trapphus och hisschakt.

Något som har kommit fram under intervjuerna är att intresse för torkmiljön både på byggarbetsplatsen och under projekteringen har ökat. Samtliga produktionschefer vi intervjuade ansåg att de under de senaste åren börjat arbeta betydligt mera aktivt med planering av torkmiljön. Med detta menas att man redan tidigt beräknar uttorkningstid för betong med hjälp av TorkaS (se kap 2) och planerar rördragningar till uttorkningsmaskiner för att spara tid. Det börjar även förekomma byggen där underentreprenörer sköter hela uttorkningen, både kontroller och utrustning. Det enda byggentreprenören behöver tänka på är att så fort som möjligt få tätt hus.

En enligt oss betydande sak som framkommit under intervjuerna har varit att det inte finns något styr system för produktionschefernas arbete med torkmiljön. De enda riktlinjer cheferna har att gå efter är bestämda fuktkvoter för inbyggnad av trä samt RBK-systemet för mätning av fukt i betong. Flera av de intervjuade svarade att de gärna skulle använda sig av en mall som beskriver tillvägagångssätt och rekommendationer i arbetet med torkmiljön.

Underentreprenörerna som jobbar på byggarbetsplatsen sa under intervjuerna att det viktigaste i arbetet med uttorkning och kontrollen av den är att vara med i ett tidigt skede i projektet. De bästa projekten som våra intervjuade berättade om var projekt där uttorkningsarbetet påbörjades redan i projekteringsskedet. Detta underlättar arbetet med rördragningar, tätningar mellan våningar, placering av uttorkningsmaskiner samt materialval. Ju senare i processen dessa beslut fattas desto dyrare och mera tidsödande blir åtgärderna.

Två av de intervjuade underentreprenörerna menade ändå att den vanligaste arbetsgången var att produktionscheferna beställde kontrollmätningar strax före det att ytskikten skulle monteras. Denna metod fungerar bra så länge uttorkningen har fungerat.

### 3.3 Fuktkontroller

#### 3.3.1 Kontroll av Torkmiljö

Ingen av de fem byggarbetsplatser vi besökt har haft någon utförlig kontroll av sin torkmiljö. Inga mätningar har gjorts i större utsträckning på inomhus-temperaturer eller relativ fuktighet. Ledningen på arbetsplatsen lutar på att mätningar i utvalda materialpunkter bör räcka för att undvika skador orsakade av fukt. De mätpunkter som anses vara de mest kritiska i till exempel trä, bestäms av den som utför mätningen.

Det finns dock vissa tendenser att det på nya större byggen har börjat ske lite mera kontinuerliga mätningar av lufttemperatur och relativ fuktighet för att veta lite mer om sin uttorkning. Men ramar för detta arbete har saknats och arbetsledarna som utfört kontrollerna har inte riktigt vetat vad mätvärdena ska används till.

#### 3.3.2 Kontroll av fukt i betong

Kontroll av fuktnivån i betongen verkar fungera ungefär likadant på de olika arbetsplatserna. Före gjutning görs en beräkning med hjälp av TorkaS för att få fram ungefärlig uttorkningstid. Efter att huset blivit tätt görs i de flesta fall bara en RBK-mätning innan ytskiktet läggs på. I de fall där mätningar görs på större betongkonstruktioner används ett flertal olika mätpunkter och mätningar görs under hela uttorkningsprocessen. Dessa kontroller måste utföras av RBK-certifierade kontrollanter.

#### 3.3.3 Kontroller av fukt i trä

Fuktkontroller på trä görs oftast av produktionschefen eller någon av arbetsledarna. Skanskas krav på vad fuktkvoten i trä ska vara innan träet byggs in av täta material är 17 %, vilket är det riktmärke som används på byggarbetsplatsen. Den ansvariga chefen på platsen väljer ut ett antal kritiska punkter i träkonstruktionen som det sedan görs slumpvis mätningar på tills värdena är ok. Hur punkterna väljs verkar till stor del bero på kunskap hos den som väljer. I några av intervjuerna har arbetsledaren kunnat redogöra exakt hur han valt punkterna medan i andra fall verkar punkterna slumpmässigt utvalda.

### 3.4 Egna reflektioner

Vårt intryck från intervjuerna på arbetsplatserna har varit att arbetet med fuktkontroller av trä och betong ofta har fungerat bra. Kontroller har gjorts vid behov och tätt hus har prioriterats. Däremot så har rutiner helt saknats för hur kontrollen ska skötas. Exempelvis hur mätpunkterna i träkonstruktionen väljs, hur och när man ska göra mätningar i betong med RBK-systemet dessutom saknas rutiner för hur man ska agera när problem uppstår. Kontroller av torkmiljö har inte varit aktuellt på något av de byggen vi besökt. En enda

arbetsplats samarbetade med Munters (ett företag specialiserade på bla uttokning)och i det fallet ansvarade Munters för samtliga kontroller. Därför anser vi att det finns ett stort tomrum i kontrollerna av torksituationen på byggarbetsplatserna.

De frivilliga kurserna som finns inom Skanska är väldigt bra för hantverkarna och arbetsledarna. Det är viktigt att de arbetare som går på de frivilliga kurserna sprider kunskapen vidare till de andra på arbetsplatsen så att lägstanivån höjs. Arbetet med torkmiljö på arbetsplatsen tror vi till stor del bygger på en inställning hos alla på arbetsplatsen, därför är det viktigt att det finns kunskap hos alla på arbetsplatsen och inte bara hos de mest intresserade.

## 4 Torkmiljön

För att man ska kunna kontrollera och arbeta med en torkmiljö krävs det att man har lite kunskap om hur den fungerar. Det är viktigt att förstå vilka faktorer som påverkar uttorkningen samt på vilket sätt faktorerna påverkar fuktens transport mellan olika delar i torkmiljön.

### 4.1 Fukt i luft

#### 4.1.1 Ånghalt ( $v$ )

Luften innehåller alltid en viss mängd vattenånga, mängden vattenånga per kubikmeter luft benämns som ånghalt och mäts i ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

#### 4.1.2 Mättnadsånghalt ( $v_s$ )

Mättnadsånghalten beskriver hur mycket vattenånga som luften maximalt kan innehålla vid en specifik temperatur utan att kondensation sker.

Mättnadsånghaltens värden finns i en tabell<sup>2</sup> och är helt temperaturberoende, det vill säga att en ökning av temperaturen resulterar i en ökning av mättnadsånghalten. Enheten är ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

#### 4.1.3 Relativ fuktighet (RF)

Den relativa fuktigheten är kvoten mellan luftens aktuella ånghalt och mättnadsånghalten vid den aktuella temperaturen<sup>3</sup>.

$$RF = \frac{v}{v_s}$$

Ett högt RF betyder inte alltid att det finns mycket fukt i luften. Vid låga temperaturer är mättnadsånghalten låg vilket innebär att även en låg ånghalt kan medföra ett högt RF. Därför är det alltid viktigt att ta hänsyn till temperaturen när man diskuterar RF.

### 4.2 Fukttransport i luft

#### 4.2.1 Diffusion

Vattenmolekyler rör hela tiden på sig, denna rörelse är temperaturberoende och blir snabbare med en ökad temperatur. Rörelsen kallas för diffusion och ångtransporten sker från en hög koncentration till en låg. Transporten uppkommer genom att det statistiskt sett flyttas fler vattenmolekyler från luft med hög koncentration än från luft med låg. Denna transport kommer att pågå

---

<sup>2</sup> Burström 2001 Tabell 5.9

<sup>3</sup> Elmarsson, Nevander 1994 sid 239

tills jämvikt råder, med jämvikt menas att transporten blir lika stor i båda riktningarna<sup>4</sup>.

Diffusionen som är den kanske viktigaste drivkraften i en torkmiljö är beroende av ånghalten både inomhus ( $v_i$ ) och utomhus ( $v_u$ ).

$$g = \delta \frac{(v_i - v_u)}{d}$$

Storleken på transporten bestäms även av byggnadsmaterialets, eller luftens tjocklek ( $d$ ) och ånggenomsläpplighetskoefficienten ( $\delta$ )<sup>5</sup>.

#### 4.2.2 Konvektion

Konvektion innebär att luft rör sig från en plats till en annan, i luften kan vattenmolekyler föras med som vattenånga<sup>6</sup>. Drivkraften för denna luftström är tryckskillnad, differensen kan uppstå mekaniskt med hjälp av en fläkt eller på grund av en naturlig tryckskillnad orsakat av vind eller temperaturdifferenser<sup>7</sup>. Transporten sker från hög koncentration till låg koncentration.

### 4.3 Fukt i material

Byggnadsmaterial innehåller alltid en viss mängd fukt, fukten delas enkelt in i kemiskt bundet vatten och förångningsbart vatten. Det är det förångningsbara vattnet som är av intresse vid torkningsarbetet. Det kemiskt bundna vattnet är så starkt bundet i byggnadsmaterialet att det inte lämnar materialet utan att förstöra strukturen. Fuktjämvikten i byggnadsmaterialet kan befinna sig i tre olika faser, uppfuktning (absorption), uttorkning (desorption) eller jämvikt. Uppfuktning är när materialet tar upp fukt från den omgivande luften och således är uttorkning när materialet avger fukt<sup>8</sup>.

#### 4.3.1 Fukthalt ( $w$ )

I luft mäter man mängden fukt i ånghalt medan man i byggnadsmaterial mäter mängden fukt i fukthalt. Fukthalten är således ett mått på hur mycket förångningsbart vatten som materialet innehåller, ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

#### 4.3.2 Fuktkvot ( $u$ )

Fuktkvoten är förhållandet mellan det förångningsbara vattnets vikt i materialet och materialets torra vikt, ( $\text{kg}/\text{kg}$ ).

---

<sup>4</sup> Brander, Esping, Salin 2005 sid 106

<sup>5</sup> Sandin 1996 sid 78

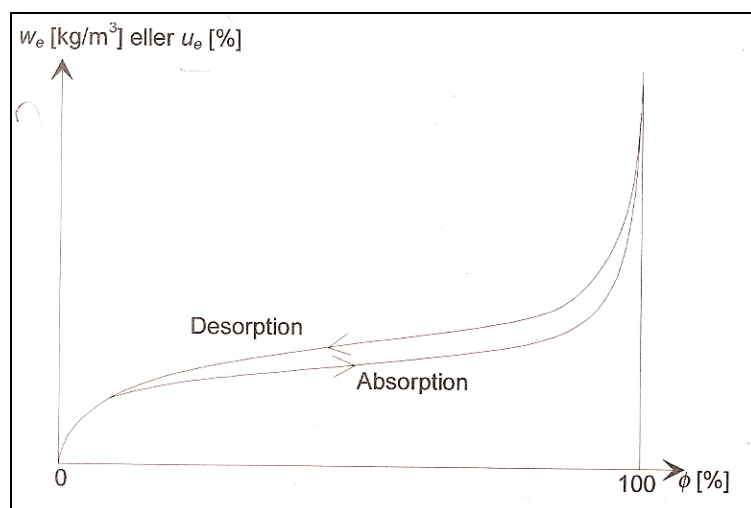
<sup>6</sup> Burström 2001 sid 76

<sup>7</sup> Elmarsson, Nevander 1994 sid 265

<sup>8</sup> Elmarsson Nevander 1994 sid 242

### 4.3.3 Sorptionskurvan / RF

Materialbaserade kurvor är framtagna för att i jämvikt kunna sammankoppla fukthalten i materialet med den omgivande luftens RF både i porsystem och kring materialet, dessa kurvor kallas sorptionskurvor. Kurvorna används som hjälpmedel för att ta fram fukthalter i olika material.



Som synes i bilden<sup>9</sup> ovan finns två kurvor, den övre är kurvan för materialet i desorption och den undre i absorption.

Genom att använda sig av RF i material kan man på ett överskådligt sett jämföra olika material. Olika material har olika kritiska fuktnivåer, den nivå när materialet kan bibehålla godtagbar funktion under hela tiden den exponeras för fuktillståndet<sup>10</sup>. Ett exempel på en kritisk fuktnivå är för mögelpåväxt på organiska material är 75 % RF. Viktigt att ta med i beräkningen är temperaturen vid den aktuella tidpunkten samt under hur lång tid fuktnivån kommer att kvarstå.

Ur sorptionskurvan beräknar man även fram den mängd byggfukt som ska torkas ut under uttorkningen. Byggfukt är alltså skillnaden mellan materialets ursprungliga fukthalt och den aktuella fukthalten när jämvikt råder i fortvarighetstillståndet.

## 4.4 Fukttransport i material

Fukttransporten från byggmaterialen kan ske i tre olika faser, avledning/avdunstning från fri vattenyta (ovanligt i en normal torkmiljö), diffusion tillsammans med kapillärsugning och enbart diffusion.

<sup>9</sup> Burström 2001 figur 5.9

<sup>10</sup> Elmarsson, Nevander 1994 sid 291

#### 4.4.1 Avledning/Avdunstning fas 1

En torkmiljö påbörjas vid färdigställandet av tätt hus, detta betyder att ett inneklimat ska kunna regleras oavsett utomhusklimatet. Fritt vatten inne i torkmiljön borde därför inte finnas om inte någon läcka gått eller om brister finns i klimatskalet. Fritt vatten inne i torkmiljön har en negativ påverkan på torkklimatet. När vattnet avdunstar ökar ånghalten inne i rummet vilket bidrar till en minskad differens i ånghalt mellan inneluften och materialen och därmed en försämrad diffusion. Anledningen till att fas 1 så sällan inträffar i en torkmiljö är att den är oerhört snabb. Stora mängder vatten kan torkas ut på kort tid, därför är fritt vatten ingen faktor som i det långa loppet påverkar torkmiljön.

#### 4.4.2 Diffusion och kapillärtransport fas 2 och 3

I torkfas två har så mycket vatten torkat bort att nivån av fritt vatten i porerna har sjunkit så avdunstning av fritt vatten inte längre kan förekomma vid ytan. Den kapillära sugningen sker då bara upp till vattenfronten i materialet, därefter transporteras vattnet ut ur materialet i ångfas, diffusion. Denna fas går långsammare än fas ett och hastigheten sjunker när avståndet mellan vattenfronten och ytan ökar. Torkfas tre inträffar när allt fritt vatten i materialets porsystem har torkat ut och uttorkningen endast sker genom diffusion genom hela materialet.

### 4.5 Utomhusklimat

Utomhusklimatet kan påverka torkmiljön på ett flertal olika sätt. Det man vill är att torkmiljön ska påverkas så lite som möjligt av det utvändiga klimatet, detta för att kunna få en jämn uttorkning.

Vinden som blåser på huset kommer att skapa tryckskillnader som ger möjlighet för konvektion. Vinden kan även bidra till ökat inblås vid eventuella brister i klimatskalet.

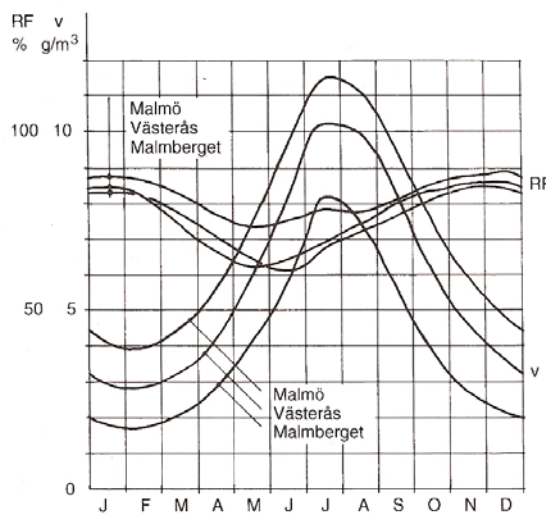
Även direkt solinstrålning påverkar torkmiljön, ytor som träffas av den direkta strålningen kommer temporärt att värmas upp kraftigt. Den kommer även att värma torkmiljön generellt.

#### 4.5.1 Ånghalt i utomhusluften

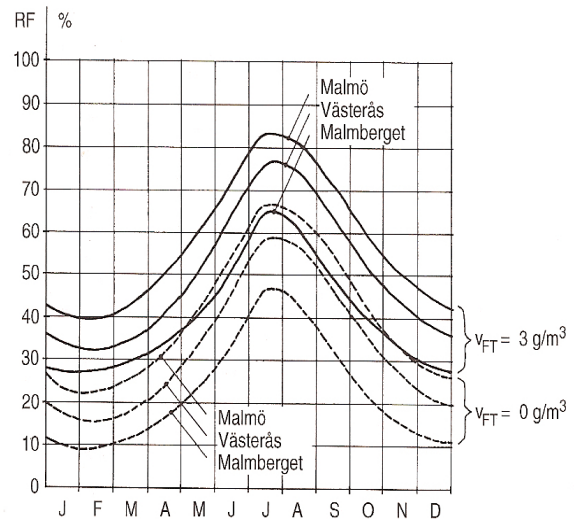
Med årstiderna i Sverige ändras mängden ånga i luften kraftigt. Eftersom den temperaturstyrda mättnadsånghalten endast tillåter en viss mängd vattenånga så kommer ånghalten vid låga temperaturer att bli låg. Detta kan tydligt ses i graferna nedan där ånghalten utomhus under de kallare månaderna är betydligt lägre än under det varmare året kan däremot



ånghalten bli hög, den varma temperaturen gör så att luften kan bära stora mängder vattenånga.



*RF och ånghalt i uteluft<sup>11</sup>*



*RF och fuktillskott i inomhusluft<sup>12</sup>*

#### 4.5.2 Lufttemperatur utomhus

Temperaturen utomhus ändras precis som ånghalten drastiskt beroende på årstiderna. Temperaturen samt ånghalten ger tillsammans den aktuella RF i luften och vid alla typer av kontroller av torkmiljön måste man känna sin utomhustemperatur för att förstå sin torkmiljö.

### 4.6 Inomhusklimat

Inomhusklimatet eller torkklimatet ger förutsättningarna för hur effektiv man kan få en torkmiljö. Temperatur, RF, fuktproduktion, fuktillskott och ventilation är allihop faktorer som påverkar inomhusklimatet. För att kunna sköta en torkmiljö måste man förstå detta samspel.

#### 4.6.1 Fuktproduktion

Fuktproduktion i en bostad kommer från mänsklig aktivitet och annat organiskt liv. I en torkmiljö kommer fuktproduktionen från uttorkningen av byggfukt. Stora mängder vatten tillförs inomhusluften från uttorkningen av såväl betongbjälklag som träregelväggar. Fuktproduktionen sker under korta intervaller i torkmiljön, till exempel vid målning eller gjutning av flytspackel. Momentant blir det en kraftig ökning av ånghalten i inomhusluften tills det kapillära vattnet har avdunstat bort och uttorkningen återigen saktar ner. För att få en effektiv

<sup>11</sup> Elmarsson, Nevander 1994 figur 51,4 sid 275

<sup>12</sup> Elmarsson, Nevander 1994 figur 51,7 sid 279

uttorkning måste man snabbt transportera ut den temporärt tillförda fukten ur torkmiljön.

#### 4.6.2 Fukttillskott

Skillnaden i ånghalt mellan inomhusluft ( $v_i$ ) och utomhusluft ( $v_u$ ) benämns som fukttillskottet ( $v_{FT}$ ). Detta tillskott beror av fuktproduktionen ( $G$ ) som sker inomhus, ventilationen ( $n$ ) och den totala volymen i torkmiljön ( $V$ ).

$$\left. \begin{aligned} v_{FT} &= v_i - v_u \\ v_{FT} &= \frac{G}{nV} \end{aligned} \right\} \text{ vid stationära förlopp}^{13}$$

#### 4.6.3 Uttorkningsmaskiner

Inomhusmiljö går givetvis att påverka, torkklimatet börjar efter färdigställandet av tätt hus. Detta betyder att man på byggarbetsplatsen kan justera de olika faktorerna i torkmiljön, som till exempel temperaturen, ventilationen och ånghalten. För att kunna göra detta krävs det oftast mekanisk hjälp i form av maskiner. Olika typer av värmare placeras in i torkmiljön för att höja temperaturen, avfuktare för att sommartid sänka ånghalten på luften och fläktar kan användas för att fördela luften runt i torkmiljön. Mer information om uttorkningsutrustning finns att läsa hos maskinuthyrare, Skanska Maskin, Munters med flera.

### 4.7 Praktiska effekter i en torkmiljö

#### 4.7.1 Variation av fukttillskottet

Vid en ökad ventilation så kommer fukttillskottet att minska, och om fuktproduktionen ökar så kommer fukttillskottet att öka. Ett ökat fukttillskott leder till en ökning av ånghalten och därmed en höjning av RF i torkmiljön vid konstant temperatur.

#### 4.7.2 Infiltration/okontrollerad konvektion

Luftryckskillnader påverkar torkmiljön genom att driva luftströmmar runt i torkmiljön. Eftersom trycket inte är konstant, varken inne i torkmiljön eller i utomhusluften så kommer luftströmmarna motverka tryckskillnaden och sträva efter jämvikt. Det är viktigt att under byggtiden ha ett utformat ventilations-system så att den fuktiga luften transporteras ut ur torkmiljön korrekt och inte blir en okontrollerad faktor i torkmiljön.

Små hål i klimatskalet kan även vara förödande för ett torkklimat, med stora mängder ånga som transporteras in i torkmiljön genom dessa. Detta kan leda till

---

<sup>13</sup> Elmarsson, Nevander 1994 sid 276

dels en ökad ånghalt inne i torkmiljön men även till läckage in i väggkonstruktioner som kan leda till uppfuktning av byggmaterial.

#### 4.7.3 Styrd konvektion

Ventilationens uppgift i torkmiljön är att på ett kontrollerat sätt förflytta den fuktiga luften ut ur torkmiljön och samtidigt bibehålla trycket i torkmiljön på bästa sätt. Om ventilationen blir för stor så tillkommer en onödig uppvärmningskostnad och om ventilationen blir för låg så kan det leda till höga ånghalter vilket i sin tur ger en ökad risk för kondensation på de kalla partierna i torkmiljön<sup>14</sup>. De mest utsatta partierna för kondensation är fönster, dörrar och stålkonstruktioner<sup>15</sup>. Men under byggtiden när huset inte är fullt isolerat finns även risk för kondens på andra byggnadsmaterial, som träreglar och gips.

---

<sup>14</sup> Almqvist, Lindvall 1996 sid 22

<sup>15</sup> Burström 2001 sid 59

## 5 Mätningar i torkmiljön

Enda sättet att få reda på information om en torkmiljö är att utföra mätningar i den. Dessa mätningar kan utföras enligt flera olika metoder, viktigt är att använda sig av rätt metod vid rätt tillfälle för att undvika onödiga felmätningar och onödigt extra arbete.

### 5.1 Temperaturmätningar

Temperaturen är vid sidan av ånghalten den viktigaste parametern vid tolkning och mätning av en torkmiljö. Med temperatur och RF kan man beräkna ånghaltsskillnader mellan material och luft, det vill säga själva drivkraften för uttorkningen. Temperaturen är enkel och billig att kontrollera men det är viktigt att man är medveten om att temperaturen kan variera inom små volymer. Det är viktigt att göra mätningarna på de mest utsatta områdena för att mätvärdena ska ge en sann indikation över hur torkmiljön ser ut<sup>16</sup>. De mest utsatta områdena skiljer mellan olika konstruktioner, men infästningen mellan yttervägg och grund samt hörn längsmed ytterväggen bör alltid kontrolleras. Bedömning bör göras i vart fall för att hitta specifika brister.

#### 5.1.1 Lufttemperatur

Lufttemperaturen går att mäta på ett par olika sätt, till exempel med den vanliga vätsketermometern som använder sig av en vätska som utvidgas av temperaturökning. Exempel på detta är den klassiska kvicksilvertermometern. Hygrotermometern mäter lufttemperaturen genom att mäta resistansen i en sensor som finns inne i mätaren, denna resistans påverkas av lufttemperaturen.

#### 5.1.2 Ytsiktstemperatur

Vid mätning av ytsiktstemperatur kan man göra på ett antal olika sätt, till exempel finns temperaturmätare i form av klistermärken som använder sig av olika kemikalier som ger utslag vid specifika temperaturer. Ett annat sätt att mäta ytsiktstemperaturen är med hjälp av en IR-mätare. Denna mätare mäter den avgivna strålningen som varje material utsöndrar vid en viss temperatur i ett visst infrarött spann. Mätningen blir enkel, snabb och går att utföra på alla typer av material förutom material med stor reflektionsförmåga, som till exempel olika metaller. Osäkerheten på mätningarna med IR-mätare (1-2°C) blir något större än för de elektriska mätarna.

## 5.2 Mätmetoder för fukt

Det finns ett antal olika sätt att kontrollera fuktmängden i olika material. Mätmetoderna kan delas in på ett antal olika sätt som helt eller delvis kan

---

<sup>16</sup> Sandin 1996 sid12

överlappa varandra, dels som förstörande och oförstörande mätningar, dels som RF-mätningar och fuktkvotsmätningar samt även som arbetsplatsprov och laboratorieprov. De olika mätmetoderna fungerar på väldigt olika sätt och ger svar som varierar i noggrannhet. Förstörande försök i laboratorier kan ge näst intill exakta svar medan oförstörande försök på arbetsplatsen endast kan ge svar som kan klassas som riktlinjer. De viktiga är att använda sig av rätt metod för rätt typ av mätning och att man är medveten om felmarginalerna.

### 5.2.1 Metoder för fuktkvotsmätning

Med olika typer av mätare kan man mäta fuktkvoten i trä, främst används de elektriska metoderna i fält på grund av att de är enkla och snabba att utföra samt att man kan göra mätningen utan att påverka byggnadsmaterialet. Mätningar av fuktkvoten kan göras i laboratoriet och då erhålls ett betydligt mera noggrant mätvärde än i fält.

#### *5.2.1.1 Resistiva och kapacitiva metoder*

De elektriska metoderna kan delas in i resistiva och kapacitiva metoder. Den resistiva metoden bygger på att resistansen i ett material beror av fuktinnehållet. Ökat fuktinnehåll medför till bättre ledningsförmåga och därmed lägre resistans. Denna princip kan i vissa material, till exempel trä omvandlas till en fuktkvot. Mätningen kan utföras i betong och bruk men resultaten blir inte lika noggrant som den för trä<sup>17</sup>. Kapacitiva metoden mäter fuktkvoten med hjälp av fältstyrkan. Mätningen är dyr och svår och lämpar sig därför inte för en torkmiljö. För vidare läsning hänvisas till *Fuktmätningar i byggnader*<sup>18</sup>.

den mest använda Resistansmätaren i trä på byggarbetsplatsen är fuktkvotsmätaren. Den fungerar tack vare två parallella metallspröt som bankas in i träet. Ström skickas och mätning av resistansen sker mellan spröten och denna resistans omvandlas till en fuktkvot i instrumentet med hjälp av i lab uppmätta samband på uttagna prov som torkats i ugn.

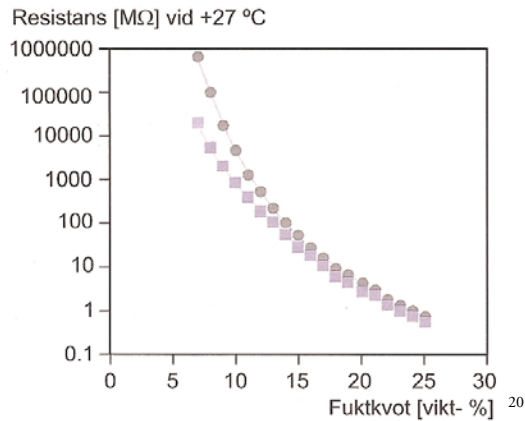
---

<sup>17</sup> Almqvist, Lindvall, 1997 sid 36

<sup>18</sup> Nilsson, Sjöberg, Togerö, 2006 sid 18



Timbermaster, resistansmätare



Resistans/fuktkvotkurva för furu

Resistansmätaren på bilden ovan mäter enbart ytligt på träkonstruktionen med de små spröten, detta för att kontrollera om det finns risk för mögelpåväxt. Varianter finns även där man bankar in längre spröt till delar av regeln som ligger längre in i konstruktionen.

Fördelen med att använda sig av en elektrisk mätmetod är att mätningen går att göra på bara några sekunder och är väldigt enkel att genomföra. Mätningen kan göras direkt på arbetsplatsen. Nackdelen med metoden är att mätningar i material som är heterogena ger en stor spridning och det krävs många kalibreringar för att få fram en fuktkvot. Detta gör att mätning med elektriska metoder bara används på homogena material. Mätutrustningen är också temperaturberoende vilket innebär att det är viktigt att ta hänsyn till temperaturen vid jämförelser av mätningar<sup>21</sup>.

#### 5.2.1.2 Gravimetrisk metod

Vid gravimetriska mätningar torkar man ut ett prov i 105 °C vilket motsvarar ett RF på 1-2%. Material som är temperaturkänsligt som till exempel gips måste torkas ut vid en lägre temperatur. En fuktkvot fås genom kvoten mellan vattnets vikt ( $m_v$ ) och materialets torra vikt ( $m_{torr}$ ):

$$u = \frac{m_v}{m_{torr}}$$

Fördelen med metoden är att den ger ett väldigt exakt värde och att metoden kan tillämpas på alla byggmaterial. Nackdelen är att det är en förstörande metod på grund av att man måste ta ut ett prov ute på arbetsplatsen och därefter utföra mätningen i ett laboratorium<sup>22</sup>.

<sup>19</sup> [http://www.fuktcom.se/cgi-bin/webbpub-s/ak\\_webbpub-s.cgi?funk=F&nr=00031&Sprak\\_ID=sv](http://www.fuktcom.se/cgi-bin/webbpub-s/ak_webbpub-s.cgi?funk=F&nr=00031&Sprak_ID=sv)

<sup>20</sup> Nilsson, Sjöberg, Togerö 2006 figur 11 sid 17

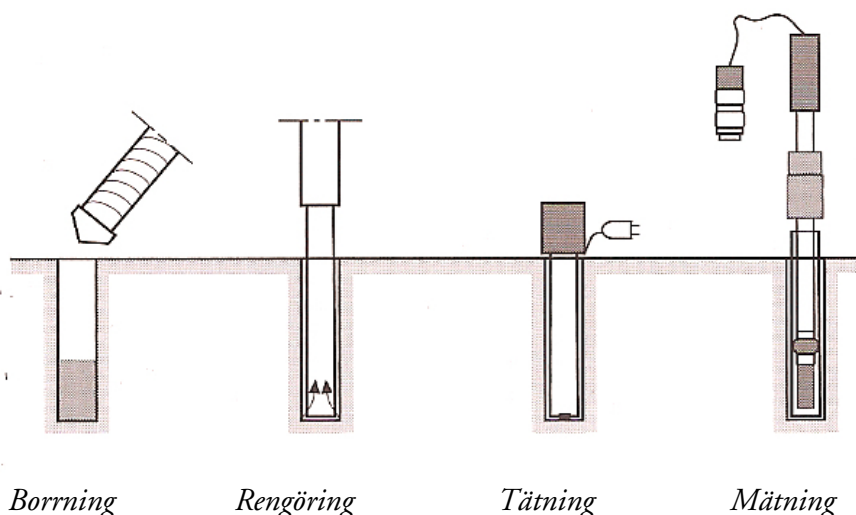
<sup>21</sup> Nilsson, Sjögren, Togerö 2006 sid 17

<sup>22</sup> Nilsson, Sjögren, Togerö 2006 sid 12

### 5.2.2 Metoder för RF-mätning

För mätning av RF i luften använder man sig av en hygrotermometer. Den mäter luftens temperatur samt luftens ånghalt, med hjälp av tabellerade värden för mätnadsånghalten kan RF beräknas.

Den mest använda mätmetoden är den hygroskopiska mätmetoden. Med detta menas att man gör ett borrhål i ett material och tätar ingångshålet. När hålet är helt tätt så låter man den inneslutna luften komma i jämvikt med materialet för att kunna mäta RF i hålet<sup>23</sup>. Viktigt att notera är temperaturens stora påverkan på denna typ av mätning. 1°C påverkar RF med 5 %, <sup>24</sup> därför är det viktigt att ständigt kontrollera temperaturen under mätningen.



Fördelen med mätmetoden är att man får ett noggrant värde på RF ute på arbetsplatsen. Nackdelen är att det är svårt att genomföra mätningen på ett korrekt sätt, borrhålet måste hållas rent och helt slutet. Det är även lätt att borrhålet förstörs på ett eller annat sätt på grund av oaksamhet på arbetsplatsen.

## 5.3 Fuktkontroll av byggmaterial

### 5.3.1 Kontroll av betong

För att säkerställa att fuktmätningen av betongen på bygget sker på ett korrekt sätt bör man i Sverige vända sig till en RBK (Rådet för Byggkompetens)-auktoriserad fukttekniker. RBK är ett försök att i Sverige standardisera alla betongmätningar och redovisningen av mätvärden. En RBK-auktoriserad

<sup>23</sup> Nilsson, Sjögren, Togerö 2006 sid 38

<sup>24</sup> Ted Rapp, RBK Sveriges Byggindustrier, föreläsning 29/3 2007

<sup>25</sup> Nilsson, Sjöberg, Togerö 2006 figur 28 sid 37

fuktmätare jobbar efter tydliga riktlinjer för hur en RF-mätning i betong ska genomföras och vilken utrustning som ska användas. Mätsensorerna är för det mesta hygroskopiska och utrustningen som är godkänd för användande finns redovisad på RBK:s hemsida.<sup>26</sup>

För att underlätta kontrollen av torkförloppet i betongen finns ett beräkningsprogram. Detta program heter TorkaS 2,0 och används för att beräkna uttorkningstider. För att kunna göra dessa beräkningar krävs indata i form av tider för gjutning och tätt hus, vct, tjocklek, typ av konstruktion, torkklimat och klimatdata. Dessa parametrar antas i förväg för att kunna göra en uttorkningsmodell i TorkaS 2,0<sup>27</sup>.

### 5.3.2 Kontroll av trä

Fuktkontroll i trä finns redan standardiserad i Fukt i trä för Byggindustrin<sup>28</sup>. För att kontrollera fuktkvoten i träkonstruktionerna använder man sig av en resistansfuktkvotsmätare. Med mätaren bör man mäta fuktkvoten vid ytan på grund av risken för mögelpåväxt och djupare i regeln för att undvika rötskador.

## 5.4 Loggade mätningar

I dagsläget finns system för att kunna mäta inomhus- och utomhusklimat med hjälp av mätare som kontinuerligt skickar mätresultat till en databas. Det börjar även komma loggrar för mätning av RF i betong samt fuktkvoter i trä. Med hjälp av system som hela tiden mäter skulle kontrollen av torkklimatet samt uttorkningen bli lättare att överskåda. De loggade mätningarna hör säkerligen framtiden till, men vi har i vårt projekt valt att arbeta med manuella mätningar för att vi tror att detta leder till att fler känner sig delaktiga och därmed också känner ansvar för sin torkmiljö. Loggade mätningar väljs ofta bort i nuläget på grund av höga kostnader.

## 5.5 Mätosäkerhet

Alla mätningar som görs har alltid en viss osäkerhet, den kan bero på fel i handhavande eller på felkalibrering hos utrustningen. Det finns även en mängd yttre faktorer som kan påverka mätningen, så som tryckförhållande, temperaturförhållande och dygnsvariationer av de olika parametrarna. För vidare beskrivning se *"Fuktmätningar i byggnader"*<sup>29</sup>. Handhavandeosäkerheter beror till största del på brist av kunskap hos användaren. Denna osäkerhet kan minskas genom att använda sig av utbildad personal men trots detta så kommer det alltid finnas en viss osäkerhet som beror på den mänskliga faktorn.

---

<sup>26</sup> <http://www.rbk.nu/Fuktmatningsmanual.asp> 23/4-07 kl 13:49

<sup>27</sup> <http://www.fuktcentrum.lth.se/TorkaS/torkas.htm> 23/4-07 14:01

<sup>28</sup> Brander, Esping, Salin 2005

<sup>29</sup> Nilsson, Sjöberg, Togerö 2006



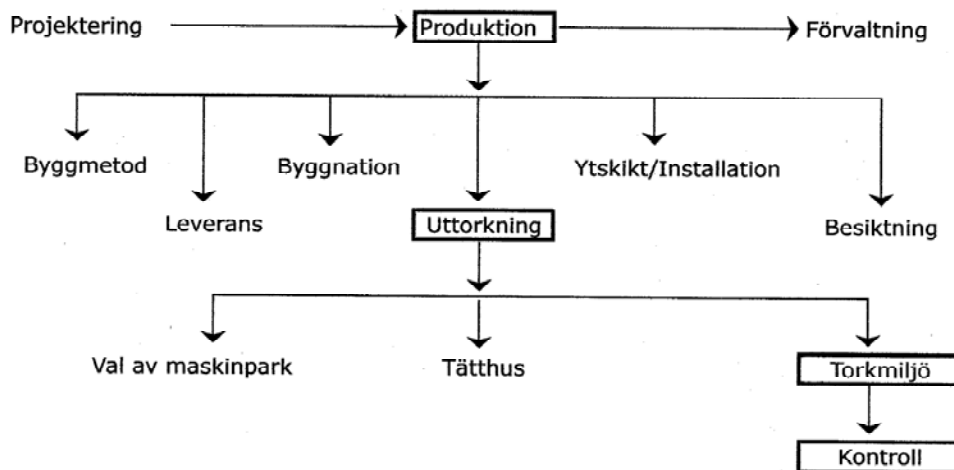
## 5.6 Egna Reflektioner

En mängd olika typer av mätningar finns alltså att tillgå vid kontrollen av torkmiljön. De viktigaste egenskaperna som mätningarna bör ha enligt oss är att de är oförstörande och enkla. Mätningarna ska kunna utföras kontinuerligt och ska ta så kort tid som möjligt att genomföra. Som vi nämnt i kapitel 5 kommer mätningar i torkmiljön vara inriktade på temperatur i luften och på ytan av materialen samt på RF i luften. För att kunna utföra dessa mätningar kommer vi behöva ett instrument som på ett enkelt och snabbt sett kan mäta ytskiktstemperaturen. Den typen av mätare som har tillräcklig prestanda för detta är IR-mätaren. Detta har vi kommit fram till genom att studera ett antal olika ytskiktstermometrar och dess bruksanvisningar, se kapitel 2. För att mäta RF och temperatur i luft har vi utgått från Skanskas egen hygrotermometer som läser av max- och minimivärden samt ett momentanvärde. Denna mätare valde vi av flera skäl, ekonomiska, tillgängligheten, enkelhet vid manövrering samt att mätaren inte har onödiga extrafunktioner som kan förvirra vid mätning på byggarbetsplatsen.

## 6 Kontrollprogram

När man ska genomföra en nybyggnation av ett hus, stort eller litet är det viktigt att redan från dag ett i processen börjar fundera på var problemen gällande fukt kan uppstå. Om man tidigt börjar leta efter svagheter och brister i konstruktionen har man större möjlighet att åtgärda problemet istället för att på byggarbetsplatsen behöva göra om en konstruktion till en betydligt högre kostnad.

Ett sätt att undvika problem är att uppföra en kontrollplan baserad på en riskvärdering där man i förväg bestämmer hur man under processen ska gå tillväga för att uppmärksamma brister. Denna kontrollplan bör vara uppdelad i en mängd mindre arbetspaket och inom varje arbetspaket ska frågorna varför, vad och hur man ska genomföra kontrollerna ställas. Byggprocessens olika skeden kan enligt oss delas in enligt följande:



### 6.1 Varför man ska kontrollera?

- Undvika fuktskador genom ökad kontroll
- Möjlighet att styra sin uttorkning
- Möjlighet att avsluta uttorkning enligt tidplan
- Enklare för maskinuthyrare att på sikt dimensionera torksystem
- Lättare med felsökning vid problem

## 6.2 Vad ska kontrolleras?

Vi delar upp denna del i vad vi anser ska kontrolleras samt i vad vi anser påverkar torkmiljön men som inte är nödvändig att kontrollera för att få en bild över hur uttorkningen ser ut.

Faktorer som bör kontrolleras i torkmiljön:

- Temperatur i luft, inomhus och utomhus
- RF i luft inomhus och utomhus
- Temperatur i ytskiktet av material i torkmiljön
- Fuktkvot i trä
- RF i betong
- Fukttillskott och fuktproduktion
- Kontroll av klimatskal

Faktorer som kan kontrolleras i torkmiljön men som inte är nödvändiga:

- Lufttryck, luftläckage

## 6.3 Hur ska kontrollerna ske?

Mätningarna som ska utföras i kontrollerna är av de nämnda parametrarna ovan. För att kunna förklara hur dessa mätningar ska göras behövs en mer noggrann genomgång, för vidare information se kapitel 5.

## 6.4 Egna reflektioner

Kontroller av uttorkning går enligt oss att göra på två sätt, ett alternativ är att mäta fukthalter i material som man gör på byggarbetsplatsen idag. Det andra alternativet är att kontrollera drivkraften för uttorkningen med hjälp av temperatur- och ånghaltsmätningar i luft respektive material. Vi anser att båda dessa mätningar bör utföras för att få en så säker kontroll som möjligt.

De faktorer som vi anser påverkar torkmiljön men som inte behöver kontrolleras direkt kan beräknas fram indirekt genom mätningar av faktorerna ovan (kap 6.2). Fukttillskott går att beräkna med hjälp av uppmätt temperatur och ånghalt. Fuktproduktionen går att beräkna med hjälp av schablonmetoder där man tar hänsyn till drivkrafter och materialfukthalter (kap 4.6.2). Att utföra kontroller på ventilationen, tryck och luftrörelser i torkmiljön är komplicerat och lämpar sig därför inte till kontinuerliga mätningar på arbetsplatsen.

## 7 Laborationsrapport från IR-mätningar

Syftet med denna laboration var att jämföra de olika IR-mätare som vi fått låna av följande återförsäljare i Sverige, Swema, ISN och Nordtec. IR-mätarna ska användas på byggarbetsplatsen som ett hjälpmedel vid kontrollen av torkmiljön. De ska mäta ytskiktstemperaturer främst parallellt med syllen samt runt fönster och i hörn. Resultaten från mätningarna ska användas för att kunna fastställa fukttransporten i torkmiljön. Genom att få vetskap om hur transporterna ser ut i sin torkmiljö så har man möjligheten att styra den i rätt riktning. En uppfuktning av materialen i torkmiljön ska alltså kunna undvikas genom ökad kontroll.

Laborationen gjordes för att pröva dugligheten hos instrumenten under olika förutsättningar, detta för att veta hur man i en verklig miljö ska kunna använda instrumenten på ett sätt som ökar noggrannheten i mätningen. Följande faktorer provades, mätavstånd, mät hastighet, vinkelkänslighet, ytskikt skänslighet och temperaturkänslighet. En gallring gjordes av instrumenten med hjälp av mätarnas instruktionsböcker i början av försöket för att se vilka instrument som ansågs lämpade för en byggarbetsplats. Mer om gallringen kan läsas i kap 7.3.

Eftersom endast en IR-mätare kommer att användas för test i fält kommer vi efter laborationen att utvärdera resultaten. Detta för att komma fram till vilken mätare som vi anser skulle fungera bäst i en verklig miljö. Dels med avseende på mätsäkerhet och användarvänlighet men även med avseende på pris.

### 7.1 Förutsättningar

|                            |                                      |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Datum                      | 13/4-07                              |
| Tid                        | 10:00-15-00                          |
| Plats                      | V-Huset LTH                          |
| Inomhustemperatur kl 13:00 | 20,0°C (Skanskas Hygro-Thermometer)  |
| Inomhus RF kl 13:00        | 39,6% (Skanskas Hygro-Thermometer)   |
| Utomhustemperatur kl 13:00 | 13,4 °C (Skanskas Hygro-Thermometer) |
| Utomhus RF kl 13:00        | 54,4% (Skanskas Hygro-Thermometer)   |
| Övrigt                     | Soligt fint väder                    |

### 7.2 Utrustning

#### IR-Mätare

ISN

Flir TPT 2

Flir TPT 6

Flir TPT 62 TD

Trotec TP 8

## Hjälpmedel

Gipsskiva 50\*50 cm

Tumstock

Gradskiva

Silvertejp

Ugn

Frys

Slät/Grov Betong

Hyvlat/Ohyvlat trä

Tidtagarur

Testo 608-H2 Hygrotermometer

## 7.3 Utvärdering av mätinstrument

### 7.3.1 Syfte

På marknaden finns det en mängd olika IR-mätare. I försöket ska vi jämföra fem olika med varierande egenskaper och prisklasser. Syftet med försöket är att se om instrumenten skiljer sig åt och i så fall vilket instrument som mest lämpar sig för en byggarbetsplats.

### 7.3.2 Utförande

För att kunna få en överskådlig bild över mätinstrumentens olika funktioner sammanställde vi en tabell. I tabellen gjordes jämförelser av de enligt oss viktigaste funktionerna. Funktionerna i respektive mätare togs från bruksanvisningarna samt provades fram. De funktioner som vi kontrollerade var, Maximum, Minimum och Medelvärde, Differens, Ems (Materialets emissionsfaktor), Low Alarm och mätarens avståndsupplösning (Mätytans storlek med avseende på mätavståndet) Maximum, minimum och medelvärde fås efter en genomförd mätning med IR-mätaren, om mätaren har funktionen kan man göra en längre mätning och få fram de olika extremvärdena från hela mättiden.

### 7.3.3 Resultat och analys

| Instrument    | Avstånd | Max | Min | Medelvärde | Differens | Ems | Low Alarm | Laser sikte |
|---------------|---------|-----|-----|------------|-----------|-----|-----------|-------------|
| ISN           | 11:1    | X   | X   | X          | X         | X   | X         | X           |
| Trotec TP8    | 50:1    | X   | X   | X          | X         | X   | X         | X           |
| Flir TPT 2    | 12:1    | X   |     |            |           | X   |           | X           |
| Flir TPT 6    | 30:1    | X   | X   | X          | X         | X   | X         | X           |
| Flir TPT 62TD | 60:1    | X   | X   |            |           | X   |           | X           |



*ISN*



*Trotec TP 8*



*Flir TPT 2*



*Flir TPT 6*



*Flir TPT 62 TD*

Som bilden visar så är mätinstrumenten väldigt lika till utseendet och har även liknande egenskaper. Det som skiljer mätarna åt är avståndskapaciteten. För att det ska kunna gå att göra en enkel mätning på en byggarbetsplats så måste mätningarna, enligt oss kunna göras på längre avstånd, minst cirka 3 meter och därför väljs två av instrumenten bort. De som valts bort är ISN och Flir TPT 2.

## 7.4 Mätavstånd

### 7.4.1 Syfte

När man ska mäta ytskiktstemperaturen med en IR-mätare måste man ta hänsyn till avståndet från mätpunkten till instrumentet, eftersom mätytan blir större ju längre avståndet är. Därför kan fel i mätningen lätt uppstå runt t ex fönster på grund av att man mäter glasets temperatur och inte karmen. I bruksanvisningen står det hur stor mätytan blir vid olika avstånd. Det vi vill kontrollera är hur mätvärdena påverkas när avståndet ökar.

### 7.4.2 Utförande

Försöken utfördes fyra olika avstånd; 0,5; 2; 5 och 10 meter. Avstånden mättes ut med hjälp av en tumstock och markerades med silvertejp. Gipsskivan hängdes upp på väggen med centrum punkten i ögonhöjd, detta för att mätningen skulle bli vinkelrät.

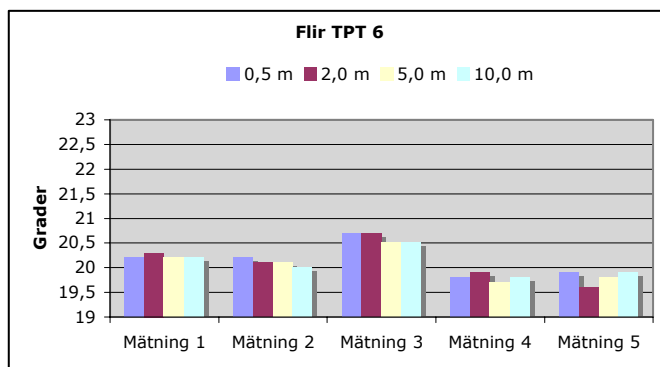
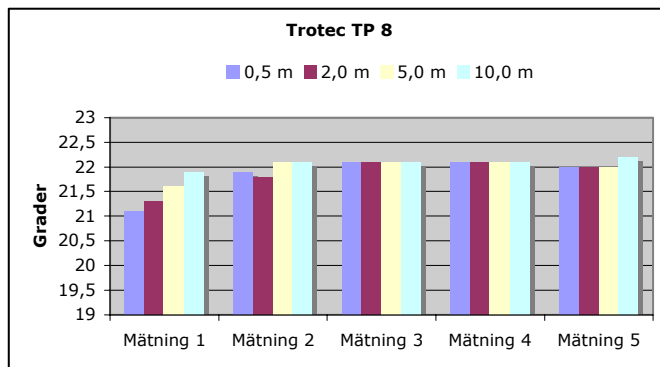
Mätningarna gjordes genom att instrument 1:s tester gjordes i en följd. Först mättes avstånd 0,5 m sen 2 m o.s.v. Detta upprepades fem gången med varje instrument. Mellan varje mätning väntade vi i fem sekunder och varje mätning pågick i tre sekunder, detta för att stabilisera ett värde på instrumentet. Mätinstrumentet hölls på samma sätt i varje försök för att den mänskliga påverkan skulle bli så liten som möjlig.

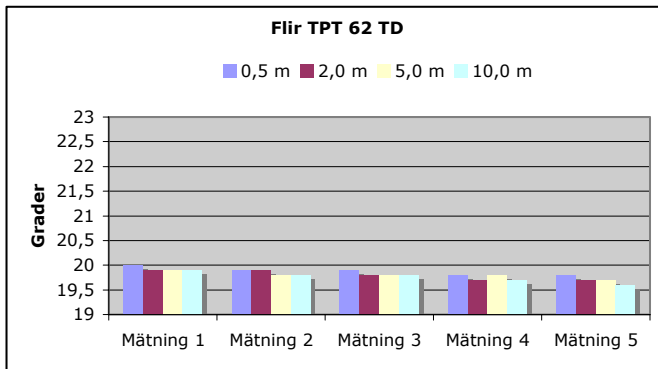


*Här visas hur IR-mätaren ska hanteras vid mätning*

### 7.4.3 Resultat och analys

De erhållna mätvärdena för respektive mätare visas i stapeldiagrammet nedan. Det som kan sägas om mätvärdena är att avståndet upp till tio meter inte påverkar mätningen i någon större utsträckning. Som man ser i diagrammen skiljer det inte mer än någon enstaka decimal mellan mätvärdena och eftersom rummet vi gjorde testerna i inte höll ett exakt klimat kan det ha påverkat försöket. Det som måste kommenteras är skillnaden i temperatur mellan de olika instrumenten. Trotec TP 8 håller en betydligt högre medeltemperatur än de andra, detta tror vi beror på en felkalibrering. En annan del av försöket som avviker från normen är den första skjutningen med Trotec TP 8 där differensen är 0,8°C. Avvikelsen här kan bero på att det var den första mätningen samt att bristen på rutin påverkade.





## 7.5 Mäthastighet

### 7.5.1 Syfte

För att kunna mäta ytskiktstemperaturen i en torkmiljö krävs det att man kan mäta stora ytor för att kunna få en helhetsbild över rummet. För att kunna göra detta krävs det att man mäter en sträcka och tar fram medel-, maximum- och minimipunkter. Eftersom instrumentens mätningar uppdateras med olika intervall bör man kontrollera hur snabbt man kan mäta/dra den infraröda strålen utan att missa stora temperaturskillnader.

### 7.5.2 Utförande

Mätningarna utfördes på en vägg med ett antal ventilationsöppningar och elsladdar, detta för att mätsträckan skulle ha temperaturdifferenser. För att verifiera temperaturskillnader gjorde vi mätningar på de olika delarna av väggen innan vi gjorde en rörlig mätning.

Sträckan som mätningen skulle utföras på var tio meter och den skulle mätas först på tiden fem sekunder, därefter tio och sedan tjugo sekunder. Vid mätningen gick personen som mätte på avståndet två meter från väggen och höll instrumentet så vinkelrätt som möjligt. Den infraröda strålen fördes hela tiden mot ett och samma material, inte över ventilationen utan strax under för att inte emittansen på materialen skulle påverka mätningen.

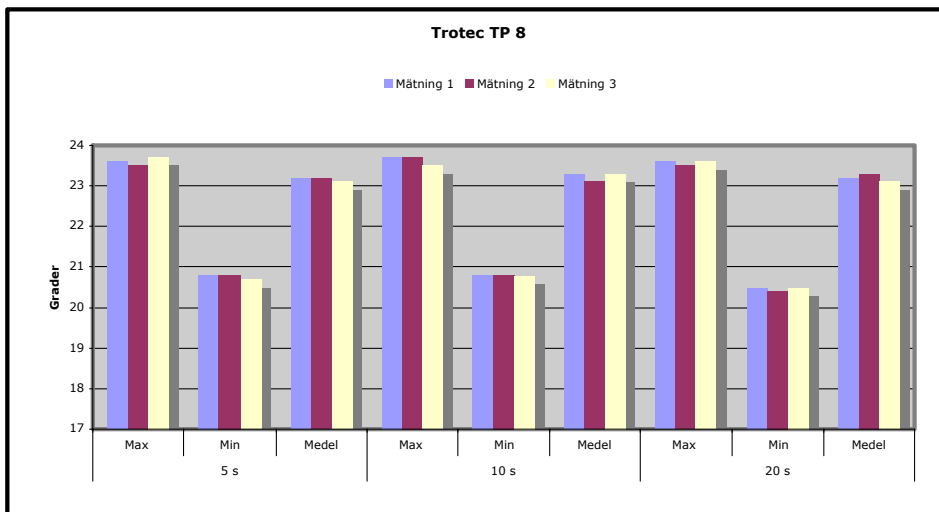


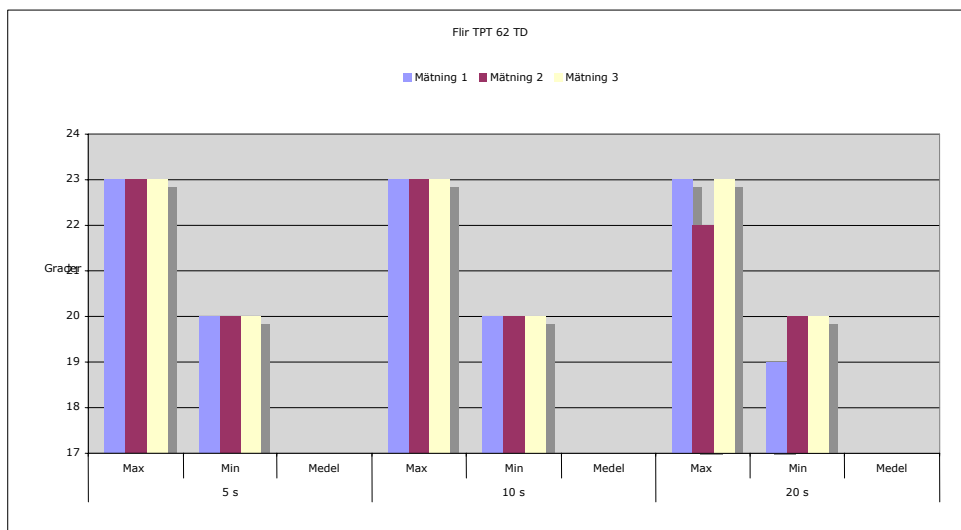
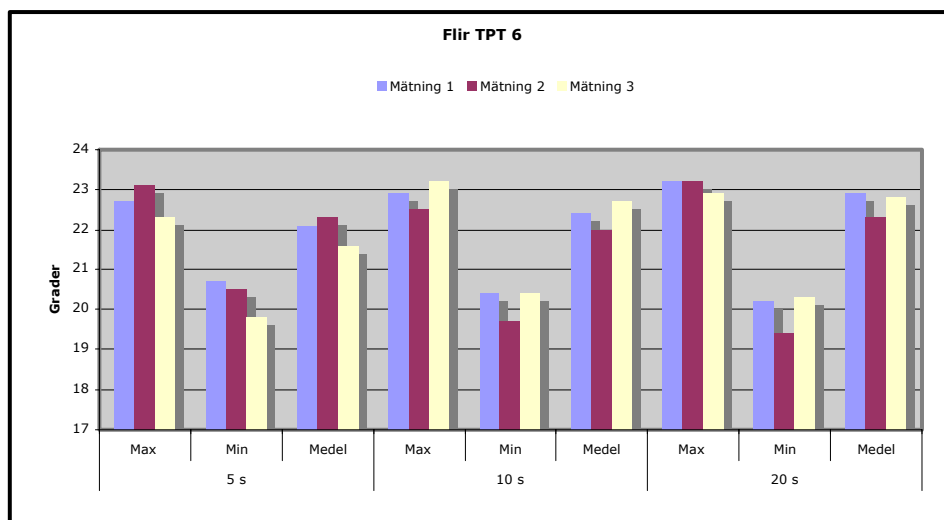
*Väggen där mätningen utförts*



### 7.5.3 Resultat och analys

Stapeldiagrammen visar maximum-, minimum och medelvärden från mätningar på en tio meter lång vägg där mäthastigheten varierat. Resultatet är betydligt bättre än vad vi förväntat oss. Mätningen med hastigheten 2 m/s skiljer sig enbart något från mätning med 0,5 m/s. Trenden hos de tre IR-mätarna är att minimivärdet som är det mest intressant vid mätning av torkmiljö sjunker vid en långsam mäthastighet. Vilket kan leda till att man vid för hög mäthastighet kan missa lokala köldbryggor eller fuktiga och kalla områden. Trotec TP 8 och Flir TPT 62 TD har båda väldigt jämna mätresultat mellan de olika mätningarna medan Flir TPT 6 har en större spridning. Flir TPT 62 TD mäter inte max och minimipunkter med decimaler vilket ger en sämre noggrannhet men ett jämnare resultat. Mätningen visar som vi önskat att IR-mätarna hittar små lokala differenser i temperatur på en vägg och även ventilationsöppningarnas påverkan på väggens temperatur har kunnat lokaliseras av IR-mätaren. Medelvärdena har legat närmare max än min vilket visar att väggen har haft en temperatur med lokala kalla punkter.





## 7.6 Vinkelkänslighet

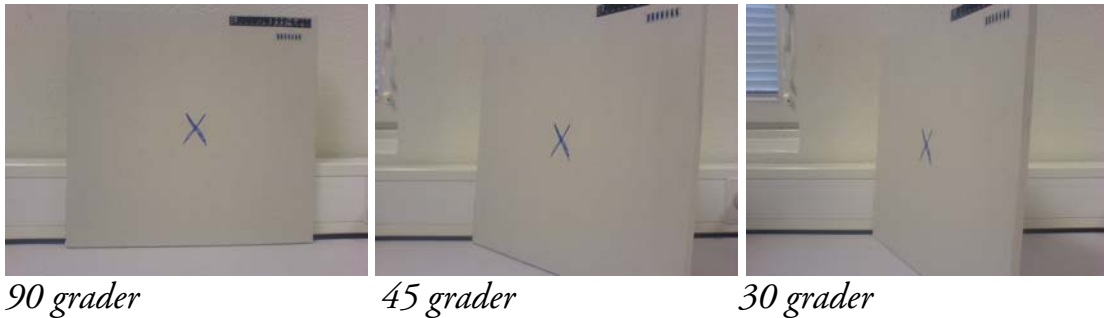
### 7.6.1 Syfte

Vid mätning med IR-mätaren finns risken att personen som mäter ställer sig i mitten av rummet och vrider sig 360 grader och därmed mäter hela rummet. Det som måste beaktas vid ett sådant utförande är att den infraröda strålen kommer att träffa materialen med en vinkel som inte är vinkelrät. Kommer mätvärdena att bli de samma trots att vinkeln ändras eller speglas den infraröda strålningen och ger ett inkorrekt mätvärde?

### 7.6.2 Utförande

Mätningen gjordes på ett avstånd på 2 meter mellan mätare och gipsskiva. Först gjordes mätningen vinkelrätt för att ha en referensmätning, därefter gjordes mätningen med gipsskivan vinklad först 45 grader sen 30 grader. Vid en eventuell

reflektion vinklade vi gipsskivan så att den infraröda strålningen skulle träffa fönsterrutan för att skillnaden skulle bli mätbar.

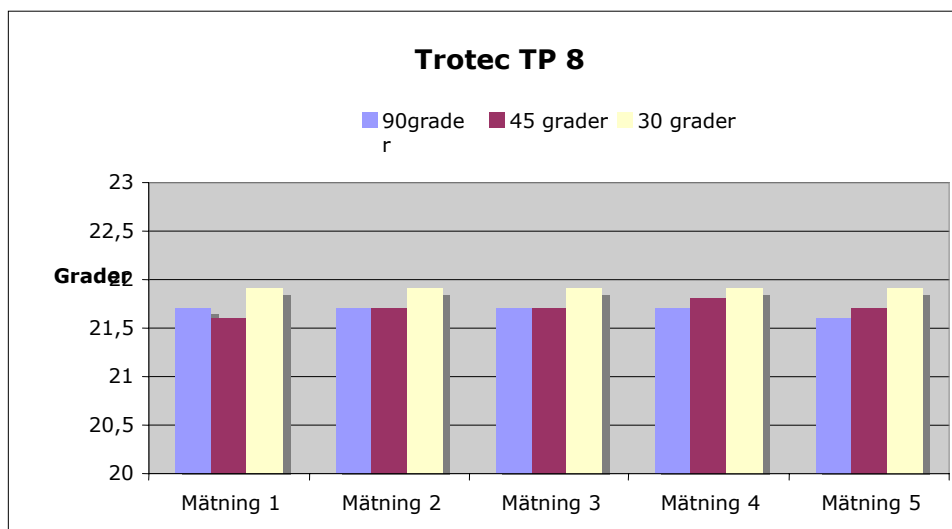


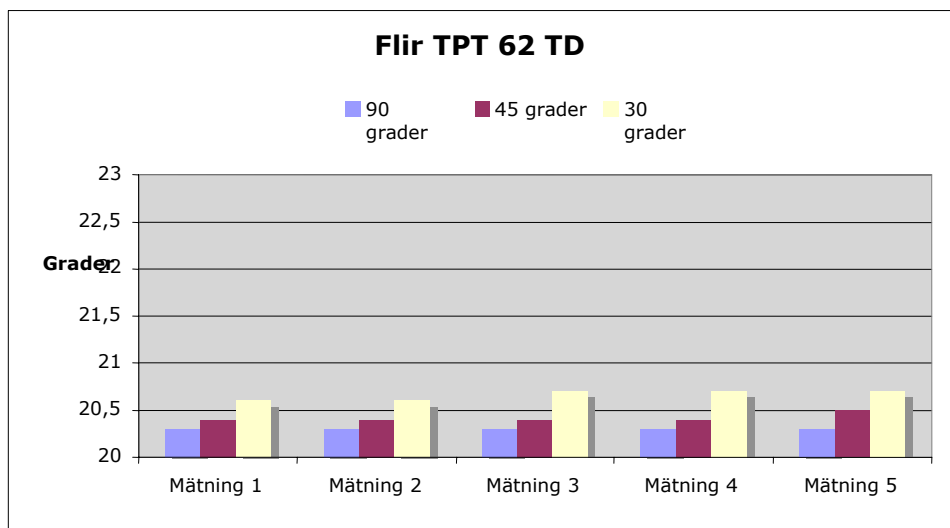
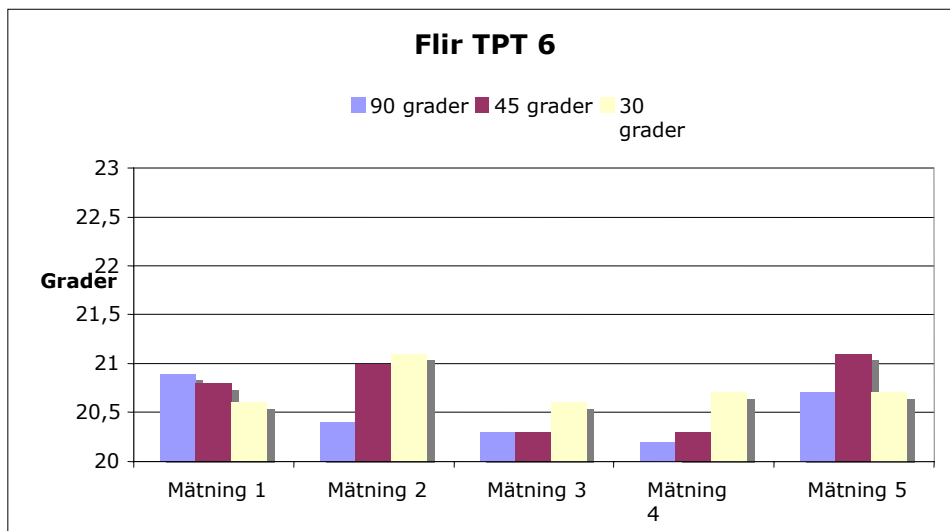
### 7.6.3 Resultat och analys

Den uppmätta temperaturen ökar med en ökad vinkel som kan ses i diagrammen nedan, skillnaden är liten men konsekvent. Materialet vi gjort mätningen på är gips och gips absorberar den infraröda strålningen bra jämfört med material som glas och metall. Anledningen till att vi inte gjort försöken på något av dessa högre reflekterande material är att i en torkmiljö kommer man enbart att mäta på material som betong, gips och trä som alla är lågreflekterande material.

Resultaten är även denna gång tydligt och konsekvent för både Trotec TP 8 och Flir TPT 62 TD medan Flir TPT 6 har en större spridning mellan mätvärdena. Man ser också att Trotec TP 8 ligger drygt en grad över de andra två, detta tror vi beror på felkalibrering.

Den infraröda strålningen reflekterades från gipsskivan till en fönsterruta som låg i solen, därför blev det en temperaturökning vid en mindre vinkel. För att undvika problem orsakade av för liten vinkel anser vi att man bör göra sina mätningar med en skjutvinkel som är större än 45 grader.





## 7.7 Ytskiktскänslighet

### 7.7.1 Syfte

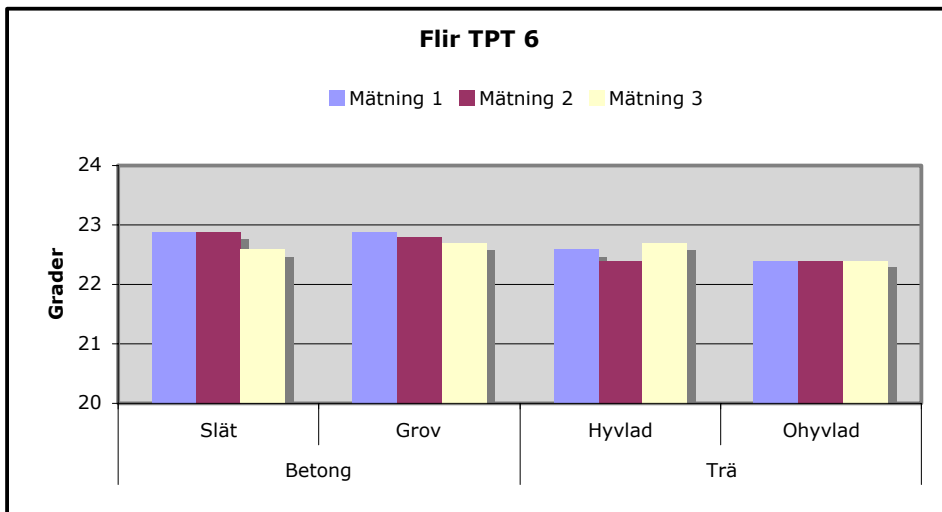
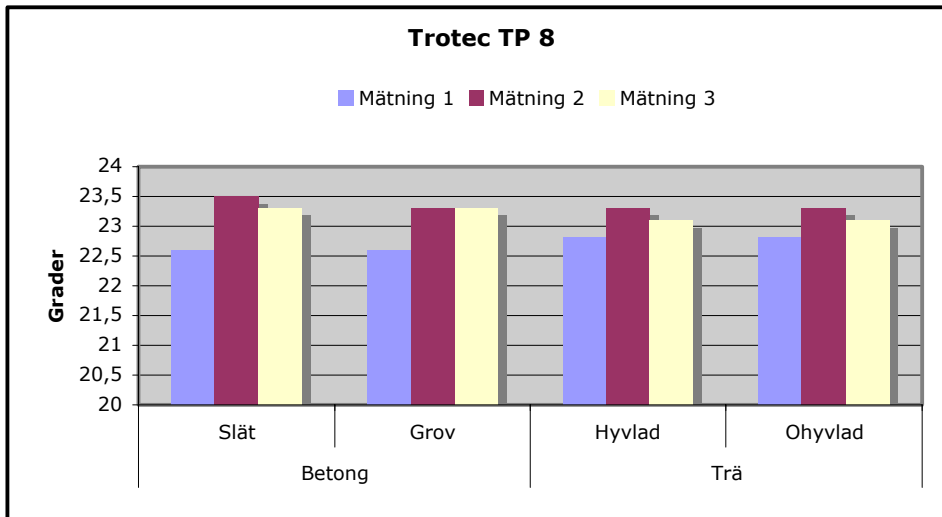
Byggnadsmaterial har olika ytskikt, trä kan vara hyvlat eller ohyvlat och betongen kan vara slät eller grov. Vi ska kontrollera om skillnader i ytstruktur kan påverka mätvärdena med IR-instrumentet.

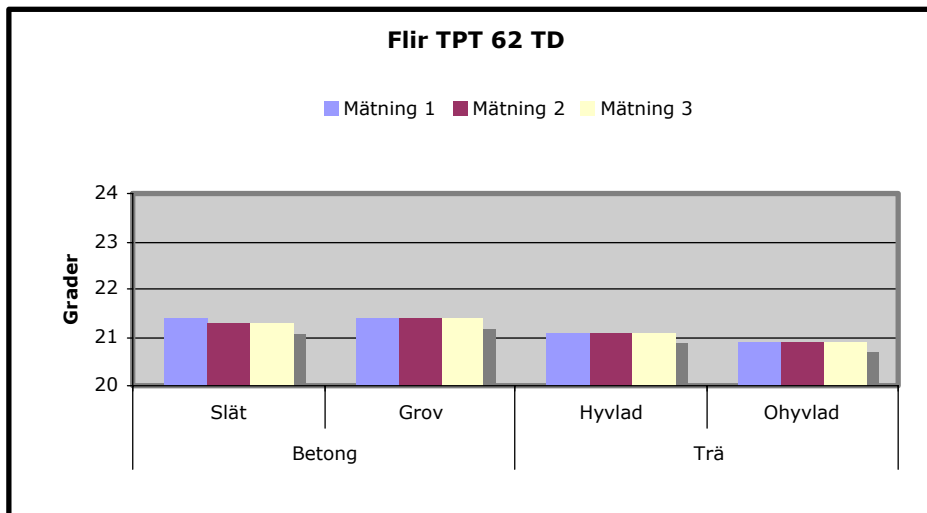
### 7.7.2 Utförande

De olika byggnadsmaterialen placerades på en rad med ett slätt underlag. Testobjekten hade under lång tid befunnit sig i rummet och befann sig i jämvikt med inneklimatet. Vi utförde mätningarna i en följd med ett avstånd på 0,5 meter med en vinkelrät riktning.

### 7.7.3 Resultat och analys

Resultatet visar att det endast förekommer slumpmässigt små skillnader i temperatur. Inga mönster kan hittas i resultatet som att t ex de mera grova ytorna skulle spegla bort delar av den infraröda strålningen och på så sätt påverka temperaturen. Ytstrukturen verkar enligt vårt försök inte ha någon större påverkan på IR-instrumentens mätningar.





## 7.8 Temperaturkänslighet

### 7.8.1 Syfte

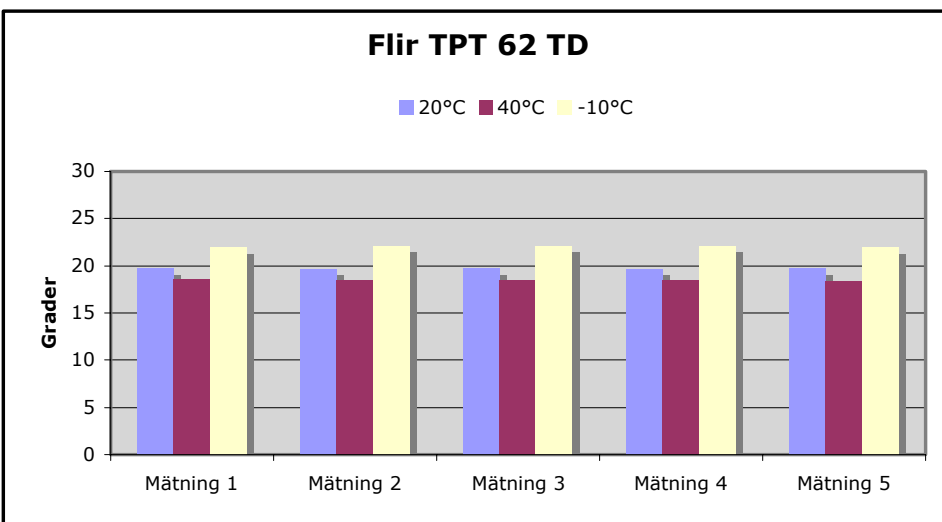
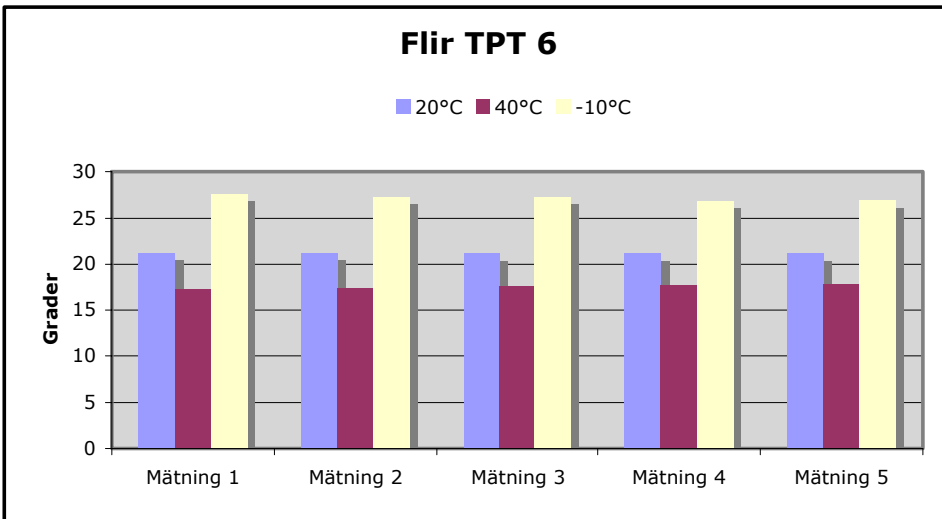
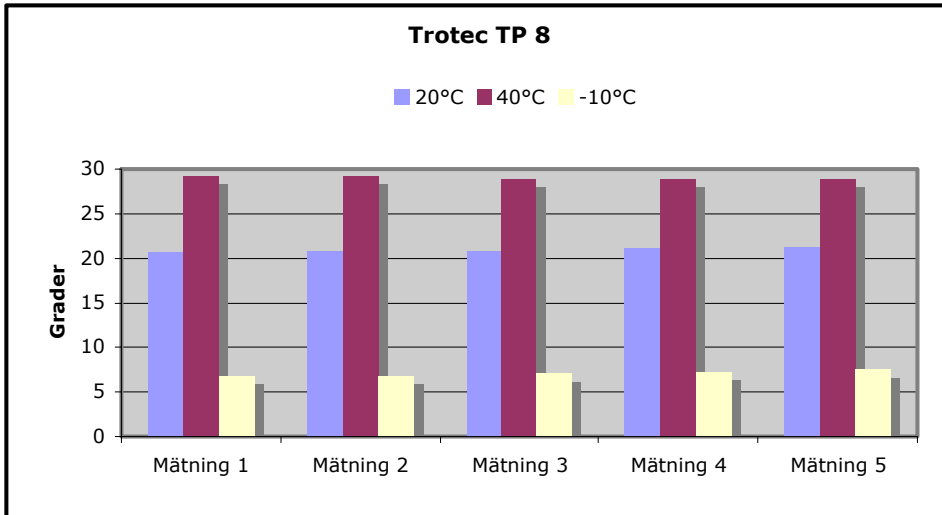
På byggarbetsplatsen rör man sig mycket mellan inomhusmiljöer och utemiljöer, detta tror vi kan påverka instrumentet, särskilt under extrema förhållanden. Tex kalla vinterdagar om väskan med IR-instrumentet ligger i bilen före mätningen inne i torkmiljön, eller motsatsen under en varm sommardag. Hur reagerar instrumentet på stora temperaturskillnader i själva instrumentet?

### 7.8.2 Utförande

En referensmätning gjordes med mätarna i rumstemperatur på 2 meters avstånd från gipsskivan. Skjutningen gjordes vinkelrät och med korta intervall mellan varje skjutning. Instrumenten värmdes därefter upp i svag värme under lång tid till +40°C. Försöket gjordes om även med instrumenten nerkylda till -10°C.

### 7.8.3 Resultat och analys

De stora skillnaderna i temperatur mellan referensmätningen då instrumenten höll 20°C och i de två fallen där temperaturen hade ändrats visar på hur känsliga IR-mätarna är mot temperatur. Flir TPT 62 TD är den mätaren med minst utslag medan Trotec TP 8 hade en temperaturdifferens på 22°C trots att gipsskivan i alla fall hade samma temperatur. Det här betyder att mätutrustningen måste vara i jämvikt med temperaturen i torkmiljön för att mätningen ska anses användbar.



## 7.9 Slutsatser

Den mätare som vi anser skulle fungera bäst är Trotec TP 8. Anledningen till att vi valt denna mätare är att den är mest prisvärd av de tre mätarna. Flir TPT 62 TD är den mätare som har gett de jämnaste resultaten från försöken. Den är cirka tre gånger dyrare än Trotec TP 8 och saknar funktioner som medelvärde samt minimivärde med tiondels noggrannhet. Flir TPT 6 väljs bort för att mätresultaten har en större spridning samt att avståndskapaciteten endast är 30:1 jämfört med Trotec TP 8 som är 50:1.

Trotec TP 8 har en enkel meny med alla funktioner som är av intresse vid mätning i en torkmiljö, minimi- och medelvärde, hold funktion så att senaste mätningen kan läsas av, justerbart ems-värde plus att den ger stabila mätvärden under samtliga försök.

Den främsta nackdelen med Trotec TP 8 som vi fann är dess stora temperaturkänslighet. När mätaren själv ändrade temperatur slog mätvärdena stort, både under kalla och varma förhållanden. Vid praktiska fall måste hänsyn tas till detta för att mätningen ska bli användbar.

Något vi noterat under mätningarna är att samtliga mätningar har visat en temperatur på över +20°C, detta tycker vi verkar märkligt med avseende på en inomhustemperatur på 20°C samt en kallare utomhustemperatur på 13,4 °C. Särskilt Trotec TP 8 visade oväntat höga värden trots att mätvärdena var stabila. Vi skickade därför in Trotec TP 8 på kalibrering och fick svaret att den skulle justeras med -3,4 °C vilket genast ändrade på förutsättningarna. Den stora justeringen visar på vikten av att hålla sin mätutrustning kalibrerad.



## 8 Fältmätning samt test av excelark

För att veta hur mätinstrumenten fungerar i en verklig miljö krävs det att tester görs på byggarbetsplatsen. Trotec TP 8 är den IR-mätare som efter laboratorieförsöket visat sig vara mest lämpad för mätning av torkmiljö tillsammans med en hygrotermometer. Därför kommer dessa mätinstrument att användas vid testerna på byggarbetsplatsen. Fältmätningarna har utförts på Skanskas radhusbygge vid Raus Vång i Helsingborg. Mätvärdet från fältförsöket redovisas med hjälp av excelarket som ska finnas med i kontrollprogrammet av torkmiljön.

Excelarket är ett hjälpmedel som Skanska Teknik tagit fram av för att med hjälp av indata från mätningar, beräkna uttorkningen från materialet till luften samt materialytans RF, dvs drivkraftens storlek. Mätdata som behövs för detta är luftens temperatur och RF både inomhus och utomhus samt byggmaterialens ytskiktstemperatur i torkmiljön.

### 8.1 Fältmätning av torkmiljön på Raus Vång

#### 8.1.1 Syfte

Syftet med kontrollerna på Raus Vång var att i en verklig miljö utföra mätningar enligt de direktiv som vi ställt upp i laboratorieförsöken, kap 7. Vi skulle också se om och i så fall hur man kan utveckla Skanska Teknicks excelark för redovisning av mätdata från en torkmiljö.

#### 8.1.2 Utförande

Mätningar med IR-mätaren Trotec TP 8 samt hygrotermometrar gjordes i en torkmiljö bestående av fyra stycken sammansatta hus med två våningar. Husen var byggda med lätt träkonstruktion och platta på mark. Inomhusluften och RF i luften mättes med en hygrotermometer som gav max- och minvärden. Mätaren nollställdes efter varje mätning så max- och minvärdena gäller för senaste 24 timmarna. Mätningarna av ytskiktstemperaturen gjordes klockan 9:00 och max och minimivärden avlästes. Mätningarna gjordes längsmed klimatskalet runt hela byggnaden. På övervåningen gjordes mätningen på träsyllen medan på nedervåningen gjordes mätningen 20 centimeter över metallsyllen för att undvika felmätningar på grund av emittansen hos aluminiumet. Utomhustemperaturen och RF mättes med en hygrotermometer som placerades i norrläge för att undvika direkt sol.



*Linjen markerar IR-mätningen på övervåningen*



*Linjen markerar IR-mätningen på entréväningen*

### 8.1.3 Resultat och analys av mätdata

Mätningarna av temperatur och RF i luften har gjorts med hygrotermometrar, hygrotermometrarna testades i jämförelse med varandra för att se på spridningen i mätningen. Resultatet visade att de slog cirka  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  och  $\pm 1\%$  RF i jämförelse med varandra. Med den vetskapen har vi sedan analyserat all insamlad data och kommit fram till att särskilt minimivärdena blev som vi förväntat oss. Maximivärdena har i vissa fall varit oväntat höga, till exempel  $27,8^{\circ}\text{C}$  24/5 (bilaga 6). Detta tror vi beror på att mätarna blivit utsatta för solstrålning någon gång

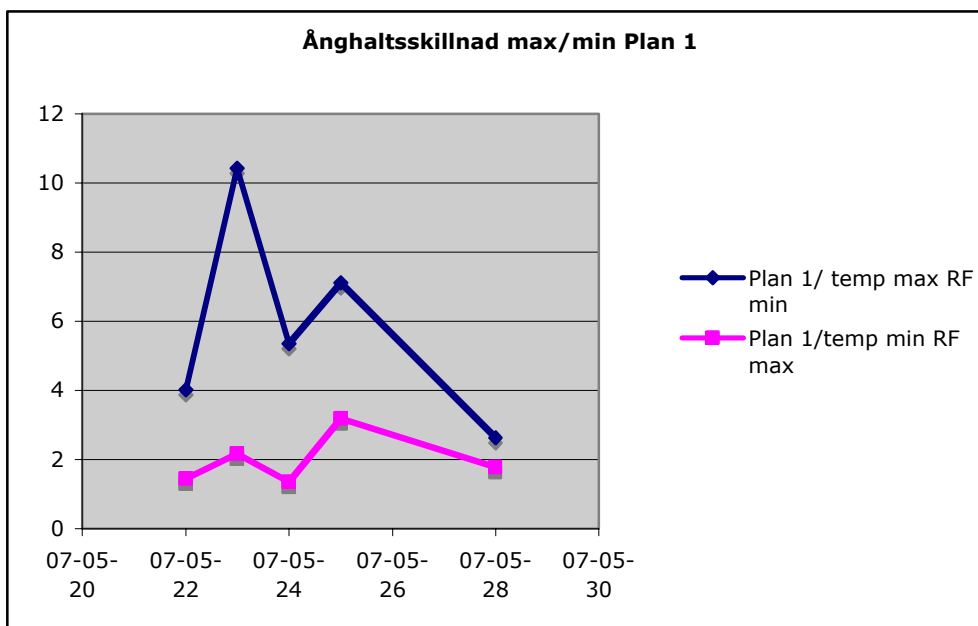
under dagen när vi inte varit närvarande. Detta bör man tänka extra på vid utplaceringen av hygrotermometrar.

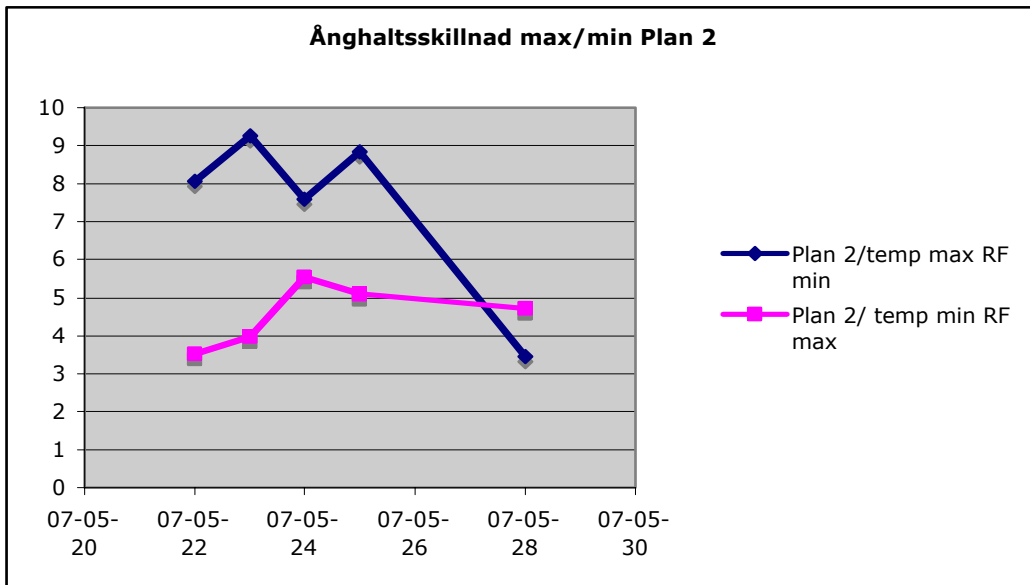
Differensen mellan materialtemperaturen och luftens temperatur är ungefär 1-3 grader. Om man bortser ifrån de fall där solstrålarna troligen nått instrumenten.

#### 8.1.4 Resultat och analys av grafer

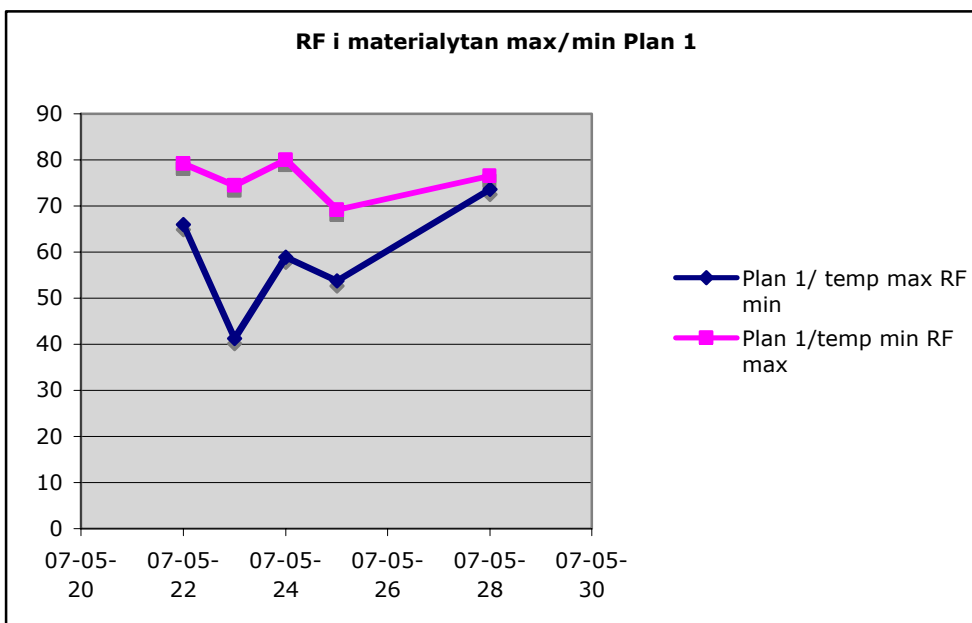
Graferna visar utveckling av ånghaltsskillnaden under en dryg vecka mellan byggmaterialen och luften i torkmiljön på en radhuslänga i Raus Vång. Den kontrollerade torkmiljön var i ett sent skede av sin uttorkning, i den första delen av huset hade precis isoleringen och plastfolien börjat monteras. Detta betyder att vi förväntade oss bra mätvärden med positiva trender.

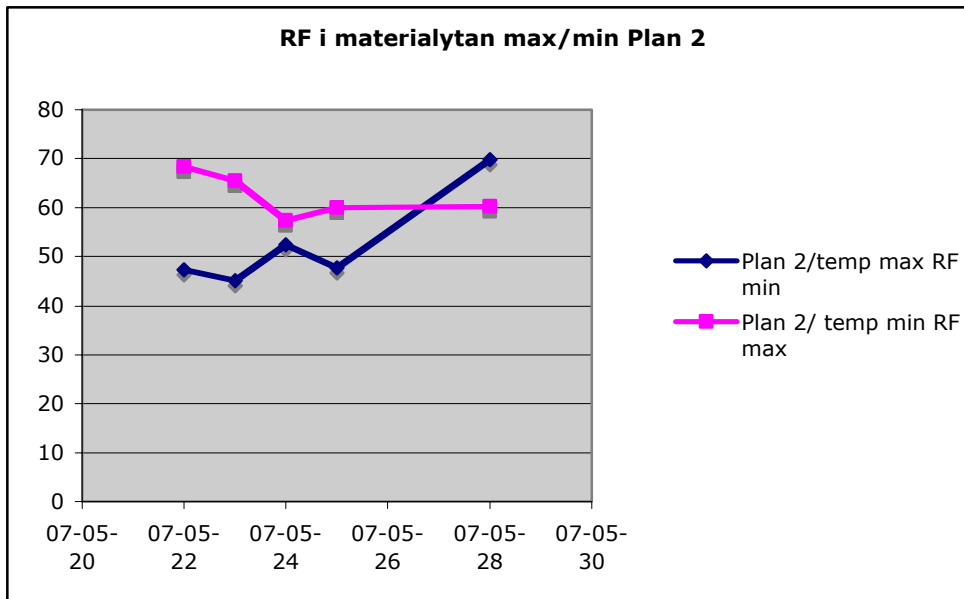
Respektive graf har två kurvor, en som visar maximala temperaturen i torkmiljön tillsammans med det minimala RF. Den andra kurvan visar det motsatta. Mätvärdena för kurvorna finns i excelarket i bilaga 6.





Ånghaltsskillnaden är drivkraften för diffusionen i uttorkningen. En hög drivkraft ger möjligheter till en effektiv uttorkning, se kapitel 4.2.1 och 4.4.2. Eftersom mätningarna endast är utförda vid sex tillfällen är det omöjligt att diskutera den specifika uttorkningsmiljön på bygget i Raus Vång, men man kan tydligt se indikationer på att övervåningen har en större ånghaltsskillnad än nedervåningen vilket ger möjlighet till en snabbare uttorkning. I båda graferna med ånghaltsskillnad sjunker ånghaltsskillnaden under den sista mätningen. Detta kommer troligtvis från att vädret slog om över helgen och en stor mängd nederbörd fuktade upp utomhusluften och fukttillskottet ökade, se kapitel 4.6.2 om fukttillskott.





I dessa två grafer ser vi utvecklingen av RF i materialytan, som synes är nivån högre på plan 2, det verkar också naturligt med avseende på att det är kallare. Anmärkningsvärt är att maximivärdena på plan 1 överskrider de 75 % RF som används som lägsta gräns för att undvika mögelpåväxt, läs kapitel 4.3.3. Om mätningarna hade utförts under en längre tid och RF i materialytan fortfarande överskred 75 % hade man tvingats vidta åtgärder för att undvika risken för mögel, särskilt i ett så sent skede av uttorkningen.

Ur excelarket kan man även utläsa fukttillskottets utveckling i torkmiljön. Med hjälp av fukttillskottet kan man lättare avgöra vilken uttorkningsutrustning som krävs för att förbättra torkmiljön. Till exempel kan man sätta in avfuktare vid höga fukttillskott eller värmebläktar om uttorkningen är långsam trots ett litet fukttillskott.

Eftersom mätningarna har en betydande felmarginal (Trotec TP 8  $\pm$ 1 C) är inte exakta värden intressanta utan snarare mellan vilka värden torkmiljön befinner sig. Därför tycker vi att graferna visar tydligt hur drivkrafterna för uttorkningen förändrar sig med tiden, samt utvecklingen av materialytans RF.

## 9 Vårt förslag till kontrollprogram för en torkmiljö

Syftet med examensarbetet har varit att sammanställa ett förslag till hur man på byggarbetsplatsen skulle kunna kontrollera sin torkmiljö. Förslaget kommer att innefatta allt som vi anser behövs för att utföra kontrollerna, utbildning till arbetsledningen, mätinstrument samt programvara för mätresultat.

### 9.1 Utbildning

Utbildningsmaterialet kommer att vara avsett för den person på byggarbetsplatsen som är ansvarig för fuktkontroller, troligtvis en arbetsledare eller produktionschef. Men på varje arbetsplats ska det finnas minst två som vet hur mätningarna ska genomföras för att inte gå miste om mätdata på grund av sjukdom eller annan frånvaro. Utbildningsmaterialet kommer att bestå av en PowerPointfil med tillhörande filmer. Filmerna borde innehålla handhavandeinstruktioner för mätinstrumenten samt instruktioner för hur man på bästa sätt mäter en torkmiljö. Tanken med PowerPoint är att den som ska utföra kontrollen ska kunna få tillräckligt med information från utbildningsmaterialet för att kunna utföra kontrollen ute på byggarbetsplatsen.

### 9.2 Utrustning vid kontroll

Utrustningen som ska ingå i förslaget till kontrollprogrammet kommer vara samtliga mätinstrument som behövs för att utföra kontrollerna, ett antal hygrotermometer beroende på byggets storlek samt IR-mätaren Trotec TP 8.

### 9.3 Utförande av kontroll

Kontrollerna ska genomföras två till tre gånger per vecka med kontinuerliga intervall, vid samma tidpunkt på dygnet. Kontrollen har två olika moment, det första är avläsning av hygrotermometern där man kontrollerar max- och mintemperatur samt RF i luften under de senaste dygnet. Därefter mäts maximi- och minimiytskiktstemperaturer på materialen i torkmiljön. Mätningarna görs på de mest utsatta områdena för att hitta minimivärden, vanligtvis längsmed syll och utvändiga hörn men detta kan skilja från fall till fall. Olika konstruktioner har olika känsliga områden i klimatskalet.

### 9.4 Redovisning

All data som samlas in under kontrollerna ska sammanställas i ett program som visar resultatet i form av två kurvor. Ena kurvan visar utvecklingen av RF i materialytan och den andra kurvan visar ånghaltsdifferensen mellan luften och materialet i torkmiljön. Båda kurvorna kommer visa en utveckling för

maximivärdena samt en för minimivärdena i torkmiljön. Detta på grund av att mätningarna inte är exakta utan används för att kunna styra uttorkningen.

Med hjälp av kurvan som visar skillnaden i ånghalt så kommer man kunna få information om hur stor drivkraften är för uttorkningen. Kurvan som visar RF kommer visa om det finns någon risk för mögelpåväxt. Med hjälp av värdena man får från kurvorna kan man mycket lättare utforma ett fungerande uttorkningssystem. Dessutom kommer samtliga data sparas i tabeller för närmare undersökning om en felsökning skulle behövas.

## 10 Slutsats och diskussion

Det som avgör hastigheten på uttorkning är den miljö som uttorkningen sker i. Torkmiljön spelar en avgörande roll i uttorkningsarbetet och bör därför styras precis som man gör med till exempel materialegenskaperna för betong för att optimera uttorkningen. Torkmiljön beskriver det klimat som finns runt materialen som ska torkas ut. Såväl inomhus- som utomhusklimatet påverkar torkmiljön tillsammans med faktorer som lufttryckskillnader, ventilationsmängd och fukttillskott. I torkklimatet är temperatur och ånghalt de två parametrar som främst bör uppmärksammas.

Med ytskiktstemperaturen i materialen samt temperatur och RF i luften kan man beräkna fram dels ånghaltsskillnaden och RF vid materialytan. Med kurvor som visar dessa två värden i förhållande till tiden kan man se torkklimatets utveckling under uttorkningen. Ånghaltsskillnaden visar drivkraften för uttorkningen i torkmiljön och kurvan för RF i materialytan kan indikera om risken för mögel finns. Dessa kurvor ska under uttorkningen jämföras med styrvärden som getts från fuktdimensioneraren eller från en fuktsakkunnig.

Kontroller av enbart torkmiljön kan inte leda till exakta data för hur lång tid uttorkningen kommer att ta men kontrollen kan ge indikationer på vad som behöver göras. Kontrollen av torkmiljö tillsammans med noggrannare RF mätningar i betong och fuktkvotsmätningar i trä kan ge en säker bild över hur uttorkningen ser ut. De mätningar som behöver göras för att känna sin torkmiljö är ytskiktstemperaturmätning samt RF och temperaturmätning i luften både inomhus och utomhus.

RF och temperaturen mäts lämpligast med en vanlig hygrotermometer med funktionerna maximi- och minimivärden samt med en infraröd ytskiktstemperaturmätare. Den mätare vi kan rekommendera efter våra tester är Trotec TP 8 som fungerar bra i den mätsituation som den ska användas i. Dessa mätningar är enkla att utföra och kräver inga dyra mätinstrument. Därför anser vi att de utan svårigheter bör kunna användas av bygglidningen på ett bygge så att personalen på bygget ska kunna öka sitt fuktsäkra byggande utan hjälp av konsulter.

Målet med vårt examensarbete var att undersöka om det går att kontrollera en torkmiljö och vilken utrustning som skulle behövas för att kunna kontrollera den. Förhoppningen var även att utforma ett kontrollprogram för en torkmiljö. Från vår litteraturstudie och laborationerna som har gjorts på de olika mätinstrumenten samt fältmätningen som gjordes på Raus Vång så finner vi det möjligt att kunna kontrollera en torkmiljö. Utrustningen som bör användas för att kunna genomföra kontrollerna har också blivit fastställd. Själva redovisningen av mätdata kommer att ske genom det excelark som Skanska har utvecklat. Tyvärr så



hann vi inte med att utforma hela kontrollprogrammet utan vi har sammanställt ett förslag på hur man skulle kunna utforma det (se kap 9). Ett vidare arbete med kontrollprogrammet av torkmiljön erfordras nå ända fram.

## 11 Förslag till fortsatta studier

Vi anser att påverkan av faktorer i torkmiljön så som ventilation och tryck är något som bör fortsätta undersökas för att kunna förstå drivkrafterna i torkmiljön ännu bättre vilket ger möjlighet till ännu effektivare torksystem.

Under vårt arbete har vi flera gånger stött på arbetet med loggade system. I nuläget känns systemet omständliga och tekniskt komplicerat men om man i framtiden kan hitta självgående system som både kontrollerar torkklimatet samt fukthalter i byggnadsmaterial tror vi att man kan förbättra uttorkningsarbetet. Ett sådant system skulle även kunna direkt kopplas till uttorkningsmaskiner som kan styras direkt efter klimatet.

I vår litteraturstudie har vi uppmärksammat att det finns riktlinjer för hur ett torkklimat ska se ut, men det finns inte några fakta som beskriver det optimala klimatet för uttorkning. En teknisk undersökning behöver utföras som ska visa de optimala förutsättningarna för ett torkklimat. Detta torkklimat skulle byggarbetsplatserna sedan kunna försöka följa.

Genom att hela tiden känna förutsättningarna i torkmiljön skulle medföra att man kunna styra torkmaskinerna mot en snabbare uttorkning. Hur mycket skulle man kunna minska kostnaderna genom att pressa sin torkmiljö mot en snabbare uttorkning?

## 12 Referenser

### Litteratur

Almqvist, S. Lindvall, A. 1997. **Effektiv byggdorkning**. Rapport 9702. FoU-Väst

Brander, P. Esping, B. Salin, J-G. 2005. **Fukt i trä för byggindustrin**. SP Träteknik

Brander, P. 2005. **Uttorkning av bygget**. Skanska Teknik AB

Burström, P-G. 2001. **Byggnadsmaterial**. Lund. Studentlitteratur

Elmarsson, B. Nevander, L-E. 1996. **Fukthandboken**. Svensk Byggtjänst

Nilsson, L-O. Sjöberg, A. Togerö, Å. 2006. **Fuktmätning i byggnader**. Lund. SBUF

Skogsindustrierna. 2004. **Att välja trä**. Skogsindustrierna

Sandin, K. 1996. **Värme och fukt**. Lund. KFS AB

### Internet

<http://www.rbk.nu/Fuktmatningsmanual.asp> 23/4-07 kl: 13:49

<http://www.fuktcentrum.lth.se/TorkaS/torkas.htm> 23/4-07 kl: 14:01

[http://www.fuktcom.se/cgi-bin/webbpub-s/ak\\_webbpub-s.cgi?funk=F&nr=00031&Sprak\\_ID=sv](http://www.fuktcom.se/cgi-bin/webbpub-s/ak_webbpub-s.cgi?funk=F&nr=00031&Sprak_ID=sv) 25/4-07 kl: 14:16

### Programvara

TorkaS 2,0

Excelark uttorkning, Skanska Teknik

### Övrigt Material

Ted Rapp, RBK Sveriges Byggindustrier, föreläsning 29/3 -

<http://www.fuktcentrum.lth.se/Temadag%20Fuktm%20E4tning%2029%20mars%202007%20LTH.pdf> 31/11-07 kl: 14:08

## 13 Bilagor

Bilaga 1 Mätavstånd

Bilaga 2 Mäthastighet

Bilaga 3 Vinkelkänslighet

Bilaga 4 Ytskikt-känslighet

Bilaga 5 Temperaturkänslighet

Bilaga 6 Försök på byggarbetsplatsen

Bilaga 7 Intervjufrågor till byggarbetsplatsen

Bilaga 8 Intervjufrågor till fukttekniker

## Bilaga 1

### Mätavstånd

|                    | Avstånd   | 0,5 m | 2,0 m | 5,0 m | 10,0 m |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|--------|
| <b>Trotec TP 8</b> | Mätning 1 | 21,1  | 21,3  | 21,6  | 21,9   |
|                    | Mätning 2 | 21,9  | 21,8  | 22,1  | 22,1   |
|                    | Mätning 3 | 22,1  | 22,1  | 22,1  | 22,1   |
|                    | Mätning 4 | 22,1  | 22,1  | 22,1  | 22,1   |
|                    | Mätning 5 | 22    | 22    | 22    | 22,2   |

|                   |           |      |      |      |      |
|-------------------|-----------|------|------|------|------|
| <b>Flir TPT 6</b> | Mätning 1 | 20,2 | 20,3 | 20,2 | 20,2 |
|                   | Mätning 2 | 20,2 | 20,1 | 20,1 | 20   |
|                   | Mätning 3 | 20,7 | 20,7 | 20,5 | 20,5 |
|                   | Mätning 4 | 19,8 | 19,9 | 19,7 | 19,8 |
|                   | Mätning 5 | 19,9 | 19,6 | 19,8 | 19,9 |

|                    |           |      |      |      |      |
|--------------------|-----------|------|------|------|------|
| <b>Flir TPT 62</b> | Mätning 1 | 20   | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
|                    | Mätning 2 | 19,9 | 19,9 | 19,8 | 19,8 |
|                    | Mätning 3 | 19,9 | 19,8 | 19,8 | 19,8 |
|                    | Mätning 4 | 19,8 | 19,7 | 19,8 | 19,7 |
|                    | Mätning 5 | 19,8 | 19,7 | 19,7 | 19,6 |

*Samtliga mätningar gjorda i °C*

## Bilaga 2

### Mäthastighet

| Trotec TP 8 | Mäthastighet | 5 s  |      |       | 10 s |       |       | 20 s |      |       |
|-------------|--------------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|
|             |              | Max  | Min  | Medel | Max  | Min   | Medel | Max  | Min  | Medel |
|             | Mätning 1    | 23,6 | 20,8 | 23,2  | 23,7 | 20,8  | 23,3  | 23,6 | 20,5 | 23,2  |
|             | Mätning 2    | 23,5 | 20,8 | 23,2  | 23,7 | 20,8  | 23,1  | 23,5 | 20,4 | 23,3  |
|             | Mätning 3    | 23,7 | 20,7 | 23,1  | 23,5 | 20,78 | 23,3  | 23,6 | 20,5 | 23,1  |

| Flir TPT 6 | Mätning | 22,7      | 20,7 | 22,1 | 22,9 | 20,4 | 22,4 | 23,2 | 20,2 | 22,9 |
|------------|---------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|            |         | Mätning 1 | 23,1 | 20,5 | 22,3 | 22,5 | 19,7 | 22   | 23,2 | 19,4 |
| Mätning 2  | 22,3    | 19,8      | 21,6 | 23,2 | 20,4 | 22,7 | 22,9 | 20,3 | 22,8 |      |
| Mätning 3  |         |           |      |      |      |      |      |      |      |      |

| Flir TPT 62 | Mätning | 23        | 20 |    | 23 | 20 |    | 23 | 19 |    |
|-------------|---------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|             |         | Mätning 1 | 23 | 20 |    | 23 | 20 |    | 22 | 20 |
| Mätning 2   | 23      | 20        |    | 23 | 20 |    | 23 | 20 |    |    |
| Mätning 3   | 23      | 20        |    | 23 | 20 |    | 23 | 20 |    |    |

*Samtliga mätningar gjorda i °C*

### Bilaga 3

#### Vinkelkänslighet

##### Trotec TP 8

|           | 90 grader | 45 grader | 30 grader |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Mätning 1 | 21,7      | 21,6      | 21,9      |
| Mätning 2 | 21,7      | 21,7      | 21,9      |
| Mätning 3 | 21,7      | 21,7      | 21,9      |
| Mätning 4 | 21,7      | 21,8      | 21,9      |
| Mätning 5 | 21,6      | 21,7      | 21,9      |

##### Flir TPT 6

|           |      |      |      |
|-----------|------|------|------|
| Mätning 1 | 20,9 | 20,8 | 20,6 |
| Mätning 2 | 20,4 | 21   | 21,1 |
| Mätning 3 | 20,3 | 20,3 | 20,6 |
| Mätning 4 | 20,2 | 20,3 | 20,7 |
| Mätning 5 | 20,7 | 21,1 | 20,7 |

##### Flir TPT 62

|           |      |      |      |
|-----------|------|------|------|
| Mätning 1 | 20,3 | 20,4 | 20,6 |
| Mätning 2 | 20,3 | 20,4 | 20,6 |
| Mätning 3 | 20,3 | 20,4 | 20,7 |
| Mätning 4 | 20,3 | 20,4 | 20,7 |
| Mätning 5 | 20,3 | 20,5 | 20,7 |

*Samtliga mätningar gjorda i °C*

**Bilaga 4**  
Ytskiktскänslighet

| <b>Material</b>    | <b>Betong</b> |      | <b>Trä</b> |         |
|--------------------|---------------|------|------------|---------|
|                    | Slät          | Grov | Hyvlat     | Ohyvlat |
| <b>Trotec TP 8</b> |               |      |            |         |
| Mätning 1          | 22,6          | 22,6 | 22,8       | 22,8    |
| Mätning 2          | 23,5          | 23,3 | 23,3       | 23,3    |
| Mätning 3          | 23,3          | 23,3 | 23,1       | 23,1    |

|                   |      |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|------|
| <b>Flir TPT 6</b> |      |      |      |      |
| Mätning 1         | 22,9 | 22,9 | 22,6 | 22,4 |
| Mätning 2         | 22,9 | 22,8 | 22,4 | 22,4 |
| Mätning 3         | 22,6 | 22,7 | 22,7 | 22,4 |

|                    |      |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|------|
| <b>Flir TPT 62</b> |      |      |      |      |
| Mätning 1          | 21,4 | 21,4 | 21,1 | 20,9 |
| Mätning 2          | 21,3 | 21,4 | 21,1 | 20,9 |
| Mätning 3          | 21,3 | 21,4 | 21,1 | 20,9 |

*Samtliga mätningar gjorda i °C*



## Bilaga 5

### Temperaturkänslighet

| <b>Grader</b>                | <b>20°C</b> | <b>40°C</b> | <b>-10°C</b> |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>Trotec TP 8</b> Mätning 1 | 20,6        | 29,2        | 6,8          |
| Mätning 2                    | 20,8        | 29,2        | 6,8          |
| Mätning 3                    | 20,8        | 28,9        | 7,1          |
| Mätning 4                    | 21,1        | 28,9        | 7,3          |
| Mätning 5                    | 21,2        | 28,9        | 7,5          |

|                             |      |      |      |
|-----------------------------|------|------|------|
| <b>Flir TPT 6</b> Mätning 1 | 21,3 | 17,2 | 27,6 |
| Mätning 2                   | 21,3 | 17,4 | 27,3 |
| Mätning 3                   | 21,2 | 17,6 | 27,3 |
| Mätning 4                   | 21,2 | 17,7 | 26,8 |
| Mätning 5                   | 21,2 | 17,8 | 26,9 |

|                              |      |      |      |
|------------------------------|------|------|------|
| <b>Flir TPT 62</b> Mätning 1 | 19,8 | 18,6 | 22   |
| Mätning 2                    | 19,7 | 18,5 | 22,1 |
| Mätning 3                    | 19,8 | 18,5 | 22,1 |
| Mätning 4                    | 19,7 | 18,5 | 22,1 |
| Mätning 5                    | 19,8 | 18,4 | 22   |

*Samtliga mätningar gjorda i °C*

## Bilaga 6

### Försök på byggarbetsplatsen

| Placering               | Datum (ÅÅÅÅ-MM-DD) | TEMP inne (°C) | RF inne (%) | MA inne (g/m <sup>3</sup> ) | Ånghalt inne (g/m <sup>3</sup> ) | TEMP ute (°C) | Daggpunktstemp enl. SMHI (°C) | RF ute (g/m <sup>3</sup> ) (MATNIPFA PLATS) | MA ute (g/m <sup>3</sup> ) | Ånghalt ute (g/m <sup>3</sup> ) | Materialtemperatur (°C) |
|-------------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------|-------------------------------|---|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Plan 1/ temp max RF min | 07-05-22           | 21,5           | 59          | 18,7                        | 11,1                             | 23,0          |                               | 37  | 20,3                       | 7,5                             | 19,4                    |
|                         | 07-05-23           | 21,9           | 52          | 17,0                        | 8,9                              | 22,0          |                               | 35  | 19,2                       | 6,7                             | 24,1                    |
|                         | 07-05-24           | 23,4           | 49          | 20,7                        | 10,1                             | 22,0          |                               | 24  | 19,2                       | 4,6                             | 19,9                    |
|                         | 07-05-25           | 21,3           | 57          | 18,5                        | 10,6                             | 22,1          |                               | 46  | 19,3                       | 8,9                             | 22,4                    |
|                         | 07-05-28           | 23,9           | 56          | 21,2                        | 11,9                             | 27,6          |                               | 55  | 40,0                       | 24,0                            | 18,7                    |
|                         |                    |                |             |                             |                                  |               |                               |   |                            |                                 |                         |
| Plan 1/temp min RF max  | 07-05-22           | 19,2           | 64          | 16,6                        | 10,6                             | 12,6          |                               | 70  | 11,4                       | 7,9                             | 15,4                    |
|                         | 07-05-23           | 18,8           | 64          | 16,2                        | 10,4                             | 14,3          |                               | 77  | 12,6                       | 9,7                             | 16,1                    |
|                         | 07-05-24           | 19,6           | 64          | 16,9                        | 10,8                             | 10,2          |                               | 84  | 9,8                        | 8,2                             | 15,6                    |
|                         | 07-05-25           | 19,4           | 63          | 16,8                        | 10,6                             | 13,7          |                               | 76  | 12,1                       | 9,2                             | 17,7                    |
|                         | 07-05-28           | 18,1           | 65          | 15,6                        | 10,1                             | 8,1           |                               | 85  | 8,6                        | 5,1                             | 15,2                    |
|                         |                    |                |             |                             |                                  |               |                               |   |                            |                                 |                         |
| Plan 2/temp max RF min  | 07-05-22           | 21,7           | 47          | 18,9                        | 8,9                              | 23,0          |                               | 37  | 20,3                       | 7,5                             | 21,6                    |
|                         | 07-05-23           | 24,2           | 43          | 21,5                        | 9,3                              | 22,0          |                               | 35  | 19,2                       | 6,7                             | 23,3                    |
|                         | 07-05-24           | 27,8           | 41          | 25,7                        | 10,5                             | 22,0          |                               | 24  | 19,2                       | 4,6                             | 22,9                    |
|                         | 07-05-25           | 23,9           | 47          | 21,2                        | 10,0                             | 22,1          |                               | 46  | 19,3                       | 8,9                             | 23,6                    |
|                         | 07-05-28           | 26,7           | 49          | 24,4                        | 12,0                             | 27,6          |                               | 55  | 40,0                       | 24,0                            | 19,8                    |
|                         |                    |                |             |                             |                                  |               |                               |   |                            |                                 |                         |
| Plan 2/ temp min RF max | 07-05-22           | 19,0           | 68          | 16,4                        | 11,1                             | 12,6          |                               | 70  | 11,4                       | 7,9                             | 18,9                    |
|                         | 07-05-23           | 20,1           | 61          | 17,4                        | 10,6                             | 14,3          |                               | 77  | 12,6                       | 9,7                             | 18,8                    |
|                         | 07-05-24           | 21,8           | 51          | 19,0                        | 9,7                              | 10,2          |                               | 84  | 9,8                        | 8,2                             | 19,6                    |
|                         | 07-05-25           | 21,2           | 55          | 18,4                        | 10,1                             | 13,7          |                               | 76  | 12,1                       | 9,2                             | 19,6                    |
|                         | 07-05-28           | 19,1           | 58          | 16,5                        | 9,6                              | 8,1           |                               | 85  | 8,6                        | 5,1                             | 18,4                    |

| Datum (AAAA-MM-DD) | Fukttillskott(g/m <sup>3</sup> ) | Ånhaltsskillnad mot 90%RF(g/m <sup>3</sup> ) | Kondensstemperatur på material (°C) | RF på materialytan (%RF) |
|--------------------|----------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|
| 07-05-22           | 3,6                              | 4  | 12,1                                | 66                       |
| 07-05-23           | 2,1                              | 10   | 8,6                                 | 41                       |
| 07-05-24           | 5,5                              | 5  | 10,7                                | 59                       |
| 07-05-25           | 1,7                              | 7  | 11,4                                | 54                       |
| 07-05-28           | -2,1                             | 3  | 13,3                                | 74                       |
|                    |                                  |  |                                     |                          |
| 07-05-22           | 2,7                              | 1  | 11,4                                | 79                       |
| 07-05-23           | 0,7                              | 2  | 11,1                                | 74                       |
| 07-05-24           | 2,6                              | 1  | 11,8                                | 80                       |
| 07-05-25           | 1,3                              | 3  | 11,4                                | 69                       |
| 07-05-28           | 2,9                              | 2  | 10,7                                | 77                       |
|                    |                                  |  |                                     |                          |
| 07-05-22           | 1,4                              | 8  | 8,7                                 | 47                       |
| 07-05-23           | 2,5                              | 9  | 9,3                                 | 45                       |
| 07-05-24           | 5,9                              | 8  | 11,3                                | 52                       |
| 07-05-25           | 1,1                              | 9  | 10,4                                | 48                       |
| 07-05-28           | -2,1                             | 3  | 13,4                                | 70                       |
|                    |                                  |  |                                     |                          |
| 07-05-22           | 3,2                              | 4  | 12,2                                | 68                       |
| 07-05-23           | 0,9                              | 4  | 11,4                                | 65                       |
| 07-05-24           | 1,5                              | 6  | 10,0                                | 57                       |
| 07-05-25           | 0,9                              | 5  | 10,7                                | 60                       |
| 07-05-28           | 2,3                              | 5  | 9,8                                 | 60                       |

**Mögelrisk**

**Mögelrisk**

**Mögelrisk**

## **Bilaga 7**

### Intervjufrågor till byggarbetsplatsen

#### **Intervjuobjektet**

Namn

Yrke (PC, AL, HV)

Har du varit med från start på detta bygge?

Hur länge har du jobbat som(PC, AL, HV)?

Hur länge har du jobbat i branschen?

Vad hade du för baskunskap innan du tog ditt första jobb?

#### **Frågor om fuktmiljö**

Vad är en god torkmiljö för dig? Beskriv med 3 ord eller saker?

Hur arbetar ni för torkmiljön på detta bygge?

Skiljer det sig från tidigare byggen? Motivera

Vet du om det finns en plan för hur torkmiljön ska skötas?

Hur väl känner du till planen? Bra, mindre bra, dåligt

Förklara det mest grundläggande i planen.

Vart finns den dokumenterad?

#### **Utbildning**

Har du blivit utbildad i hur man ska sköta en torkmiljö?

Vem höll i utbildningen?

Vad innehöll utbildningen?

Vad ställdes för krav på er under utbildningen?

#### **Frågor om fuktkontroll**

Hur kontrolleras fukten på ert bygge?

Vem kontrollerar?

När under processen och hur ofta kontrolleras fukten?

Med hjälp av vilka instrument kontrollerna ni fukten med?

Vilka material fokuserar ni er extra på under kontrollerna?

Vet du varför kontrollerna utförs?

Hur dokumenteras alla data?

Vad används mätvärdena till?

### **Övriga frågor**

Känner du som ... att du vet tillräckligt mycket om fukt och fuktmiljö och fuktkontroller?

Vad vet du om konsekvenserna av en misslyckad eller felbedömd uttorkning?

Beskriv ditt mest lyckade torksystem och varför.

Beskriv en misslyckad torkning du varit med om. Varför gick det snett.

## Bilaga 8

### Intervjufrågor till fukttekniker

#### **Intervjuobjekt**

namn

Specialistområde

Hur länge har du jobbat med uttorkning?

Hur länge har du jobbat i branschen?

Vad hade du för baskunskap innan du tog ditt första jobb?

#### **Frågor om torkmiljö**

Ge 5 exempel för vad som ska gälla i en bra torkmiljö:

Hur ser ert tillvägagångssätt ut när ni jobbar med uttorkningen på ett bygge?

Hur skiljer sig arbetet åt byggena emellan?

Varför skiljs de åt?

#### **Frågor om fuktkontroll**

Hur tidigt i produktionen börjar ni kontrollera torkmiljön?

Vilka typer av kontroller brukar ni utföra?

Hur ofta görs dessa kontroller?

Med vilka instrument kontrollerar ni med?

Vilka material fokuserar ni er extra på under kontrollerna?

På vilka byggdelar brukar ni kolla, samt vart på dessa byggdelar?

Hur dokumenteras alla data?

Hur analyserar ni er mätdata?

#### **Frågor om mätinstrument**

Finns det mätinstrument som ni anser vara olämpliga för kontroll av byggarbetsplatser?

Anser du att värmekameran är ett oumbärligt instrument, eller kan man kompensera med annat?

Vilka instrument anser ni vara de mest användbara för resp. byggmaterial?

Hur underhåller ni instrumenten för att få jämförbara och trovärdiga data?