



## Tillståndsbedömning av byggnader med hjälp av förstörande provning av byggnads-komponenter

2017-01-02

Dan Jönsson

Dennis Johansson

Hans Bagge

Fredrik Runius



**SBUF** ®

ISRN LUTVDG/TVIT--17/72XX—SE(XX)

Installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 LUND



## Förord

Projektet har genomförts som ett samarbete mellan LTH och Säker Vatten med vissa undersökningar av SP. Fokus har varit på att med förstörande provning göra tillståndsbedömningar av konstruktioner och komponenter i våtrum. Vi vill rikta ett speciellt tack till LKAB Fastigheter som gett oss tillgång till byggnaderna som ingår i projektet och samtidigt varit mycket behjälpliga. Vi vill också rikta ett tack till Kolbäcks Återvinning, som var behjälpliga under rivningen av fastigheterna.

Personer som har deltagit i projektet är:

- Dan Jönsson, Doktorand, Installationsteknik, LTH
- Lars Gunnar Uusitalo, Elena Ström, Ulrika Oja, Siv Aidanpää och Anna-Bella Rundquist  
LKAB Fastigheter, samordning och hjälp med detaljer
- Mats Helin, Kolbäcks Återvinning AB, samordning av rivning
- Fredrik Runius, Säker Vatten AB, projektsamordnare
- Rolf Kling och Hampus Ask, Säker Vatten AB
- Lars-Erik Fiskum, SINTEF
- Dennis Johansson, Byggnadsfysik, LTH, projektledare
- Hans Bagge, Byggnadsfysik, LTH, forskare
- Sanne Johansson, Byggnadsmaterial, LTH, forskare
- Kenneth Persson, Teknisk vattenresurslära, LTH, forskare
- Peter Rådström, Teknisk mikrobiologi, forskare
- Linda Hägerhed, Pernilla Johansson, Gunilla Bok, SP
- Gert Olsson, GOIN, Stenestad, besiktningsman
- Anders Edlund, Alcontrol, Karlstad, Analysansvarig

Foton har tagits av Dan Jönsson.

Projektet har finansierats av SBUF samtidigt som det finns kopplingar till Säker Vatten, FORMAS, SP, LKAB Fastigheter samt Byggnadsfysik och Installationsteknik, LTH.



## Sammanfattning

Det finns ett stort behov av mer kunskap om hur våtrum fungerar med tanke på tätskikt, rörgenomföringar i såväl väggar som golv och tak samt installationer i byggnader som har varit i normalt bruk. Genom möjligheten att studera 148 lägenheter, varav hälften nu har rivits, i Kiruna har detta projekt undersökt 72 lägenheter på olika sätt för att ta reda på våtrummens status samt undersöka VVS-installationerna. I projektet har det funnits tillgång till två typiska konstruktioner av våtrumsvägg, lättbetongvägg och träregelvägg med olika kombinationer av kakel, klinker, våtrumsväv och våtrumsmatta. I studien ingår elva delstudier som ur olika aspekter behandlar våtrummen och dess status idag avseende funktion och skador.

Medan lägenheterna fortfarande var bebodda mättes de hygrotermiska förhållandena i ineluften. Resultatet visar att det finns en variation mellan lägenheterna och att mätresultatet är i linje med referensmaterial på hygrotermiska förhållanden i byggnader i Sverige.

Fuktindikationsmätningar utfördes med Gann Hydromette 1. Mätningarna utfördes under mars månad då lägenheterna stått tomma i tre månader vilket kan ha lett till en viss uttorkning under denna period. Speciellt på de platser där det varit läckage som till exempel runt golvbrunnar. Den okulära besiktningen identifierade exempelvis mattsläpp runt golvbrunn och fuktskador på originalväv bakom badkar.

För att undersöka rörsystem för tapp- och spillvatten bilades golv och vägg upp så att all rördragning i badrummen blottades. Rörsystemet plockades sedan försiktigt ut/upp och skars upp i provbitar för analys. Förutom i fyra badrum togs provbitar från rördragning för VVC. Totalt togs 64 provbitar. Av proverna var det 10 stycken som var utsatta för korrosion som inte påverkat godstjocklek och sju stycken som hade korrosion som gravt påverkat godset. Tre stycken av dessa var provbitar som utsatts för hastighetskorrosion i VVC-slingan där delar även tidigare hade blivit ersatta med nya komponenter. Fyra prover togs på golvbrunnar vilka samtliga hade rostat vilket lett till läckage runt brunnen då det hade påverkat tätskiktet runt brunnen.

Legionellaprover i tappvattensystemet togs i sex av byggnader i den lägenhet som i respektive byggnad var längst bort på rörsystemet. Det innebär sex prover på kallvattensidan och sex prover på varmvattensidan som analyserats med PCR-analys. Inget av dessa prover påvisade någon förekomst av legionellabakterier. I VVC-systemet togs sex prover, tre från vardera VVC-slinga på två gårdar. Inget av dessa prover påvisade någon förekomst av legionellabakterier. Temperaturloggning utfördes under cirka tre veckor på två VVC-system i fyra byggnader. Temperaturen loggades på tre mätplatser längs varje VVC-slinga. Mätningarna visade att temperaturen varierade under dygnet och ofta var för låg vilket tyder på att cirkulationen inte fungerade tillfredställande. Det identifierades att en ventil hade fastnat i samband med att cirkulationen stängts av för provtagning.

För att kontrollera ytterväggarnas status i badrummen skars ett regelfack upp i varje badrumsyttvägg där ett antal prover för mögel togs från råspont och stomme. För samtliga badrumsyttväggar visade resultaten att alla prover tagna på råsponten hade mycket påväxt över hela ytorna. Även flertalet av spikläkten hade mycket påväxt över hela eller fläckvis över ytorna. I sättfix bakom keramikplattor förekom bakterietillväxt. Vid demontering av väggen visade det sig att det fanns nedsmutsning på grund av otätheter i klimatskalet.

# Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	5
Innehåll.....	6
1. Introduktion.....	9
1.1 Mål.....	10
2. Metod.....	11
3. Fuktkontroll i våtrum.....	13
3.1 Metod.....	13
3.2 Fuktkindikation.....	14
3.3 Resultat.....	15
3.3.1 Originalvåtrum.....	16
3.3.2 Våtrum med ny golvmatta.....	20
3.3.3 Våtrum med ny vägg- och golvmatta.....	23
3.3.4 Keramiska våtrum.....	25
3.4 Våtrummens status.....	27
3.4.1 keramiska våtrum.....	27
3.4.2 Original våtrumsbeklädnad.....	31
3.4.3 Våtrum med original väggväv och ny golvmatta.....	33
3.4.4 Våtrum med ny väggmatta och ny golvmatta.....	33
3.5 Diskussion.....	34
4. Rörkontroll i våtrum.....	35
4.1 Metod.....	35
4.2 Resultat.....	36
4.2.1 Rördemontering i våtrum.....	42
4.3 Diskussion.....	44
5. Legionellaprov i VVS- och VVC-system.....	45
5.1 Metod.....	45
5.2 Resultat.....	49
6. VVC-Temperatur.....	51
6.1 Metod.....	51
6.2 Resultat.....	52
7. Mögelprover och bakterieprover från badrumsyttvägg.....	59
7.1 Metod.....	59
7.2 Resultat.....	60
8. Fuktmätning i våtrumsyttvägg.....	67

8.1 Metod .....	67
8.2 Resultat.....	68
9. Temperatur- och rf-mätning i våtrum .....	73
9.1 Metod .....	73
9.2 Resultat.....	73
9.3 Diskussion.....	77
10. Slutsatser .....	79
11. Referenser .....	81
12. Bilagor.....	83





# 1. Introduktion

En byggnads viktigaste uppgift är att tillhandahålla brukaren en bra och komfortabel inomhusmiljö utan hälsorisker, samtidigt som samhällets fokus på minskad resursanvändning och hållbart byggande ställer krav på låg energianvändningen och fuktsäkerhet. Att koppla hälsotillstånd och upplevelse av ett inomklimat till byggnadens fysiska tillstånd är nödvändigt för att ge kännedom och i möjlig mån förklara de komplexa samband som det behövs en förståelse för, för att kunna konstruera framtida bra och ändamålsenliga hus. Det är också väsentligt att utreda befintliga byggnaders tillstånd för att få indata till fuktmodeller som behövs för att konstruera byggnader med förutsägbar prestanda, men också för att göra bra renoveringar och inte minst ge viktig återkoppling om hur våra byggnader faktiskt fungerar under drift. Mer information om hur brukaren påverkas av byggnaden och byggnaden av brukaren ger också förutsättningar för samhället att ställa lämpliga krav på nybyggnad och ombyggnad samt att bestämma renoveringsintervall och förväntad livslängd. Boverket har presenterat resultat från BETSI-studien (Så mår våra hus) som innehåller resultat från besiktningar och vissa mätningar men på grund av studiens art finns inga förstörande undersökningar. Tidigare undersökningar av oskadade byggnader har gjorts av ett fåtal småhusgrunder (Örtengren, 1988) men i övrigt är det allmänt tillgängliga materialet av mycket liten omfattning vad gäller byggnaders fysiska tillstånd bakom ytskikten.

Studier från hela världen har visat på att fukt- och mögelproblem i byggnader är associerade till dålig luftkvalitet inomhus, men även till astmatiska och allergiska reaktioner, hud- och luftvägsproblem och mer diffusa symptom som brukar benämnas SBS, Sick Building Syndrome (WHO, 2009). Två välkända stora svenska studier inom samma område är Värmlandsstudien, DBH (Hägerhed, 2006) och Bamsesstudien (Folkhälsoguiden, 2010). I de flesta av den här typen av studier har man dock inte haft möjlighet att demontera och studera konstruktionerna bakom ytskikten.

Idag besiktigas och dokumenteras normalt sett endast skadefall. Dock har det gjorts två pilotstudier i Malmberget med förstörande provningar för att kunna studera vad som finns bakom yt-skikten (Arfvidsson et al, 2011; Arfvidsson et al, 2013; Johansson et al, 2012; Johansson et al, 2014). Från studierna i Malmberget visade det sig att inte minst kalla vindar i många fall hade påväxt av mögel, samt att provning genom att studera tillståndet bakom ytskikten ger betydligt bättre information än icke-förstörande besiktningar.

Ingen av dessa studier har haft möjlighet att fokusera på att studera våtrum och mögel- eller bakteriepåväxt i våtrum, men i den första pilotstudien hittades synligt mögel i två hus av tre i våtrumsvägg. Våtrumsväggar har i alla tider varit en känslig konstruktion där olika problem har uppstått på grund av bristfälliga tätskikt eller skador i installationerna som vattenrör eller avloppskomponenter. En förutsättning för mikrobiell aktivitet är vatten. När klinkergolv och kakelväggar i badrum utsätts för fritt vatten ansamlas vatten i gränsskiktet mellan kakel/klinkerplattan och fuktspärr. Denna ansamling av vattnet sker genom att vatten sugas in till baksidan av kakel/klinkerplattan via kapillära krafter i plattfoggen medan uttorkning sker genom att vattnet diffunderar ut genom plattfoggen. Då torkning via diffusion är en långsammare process än vattentillskott via kapillära krafter kommer vatten att ansamlas bakom kakel/klinkerplattan vid normal användning av badrummet (Jansson, 2006). Denna ansamling av vatten skapar förutsättningar för bakterie- och mögeltillväxt. Vår vetenskap om vilka förutsättningar som krävs för mögeltillväxt på byggnadsmaterial är bättre än vår kunskap om förutsättningarna för bakteriepåväxt. Miljön bakom kakel och klinker är alkalisk på grund av de sättbruk som används. Denna alkaliska miljö tillsammans med den höga vattentillgången främjar bakterier som tål högt pH. De flesta mögelsvampar trivs bäst i lägre pH men även mögeltillväxt kan förväntas i denna miljö. Generellt kräver bakterier god tillgång på vatten, minst 90 % relativ fuktighet (Morey, 2001). Bakterierna kan

spridas till gränssnittet mellan platta och fuktspärr i samband med byggnation men även med duschvattnet som sugts in via fogen. Duschvatten tillför också näring i form av tvål och hudrester.

Andra problem med våtrum är olämplig håltagning, målade ytskikt från 60- till 80-tal som ej tål rengöring, mjukgörarförlust som gör sprödhet och krympning som påskyndas av varma rör samt defekta golvbrunnar. Även vad gäller våtrum har undersökningar endast gjorts i skadefall, och det skulle vara mycket värdefullt att studera ett tvärsnitt av normalt brukade våtrum. Studiens resultat ger en indikation om dagens badrumskonstruktioner som tillåter fritt vatten i vägg och golv skapar förutsättningar för mikrobiell aktivitet.

Malmbrytningen, som en gång skapade Kiruna och Malmberget, leder nu till att nya områden måste bebyggas och nya stadsdelar skapas. Stora mängder byggnader kommer att beröras och behöva evakueras för att sedan rivas. I anslutning till att befintlig bebyggelse tas ur bruk har LTH genom samarbetet med LKAB fått tillgång till byggnader där undersökningar kan genomföras innan rivning. Det ger unika möjligheter att studera hur material och konstruktioner har förändrats över tid samt hur de har påverkat och påverkats av brukarna. För att kunna konstruera framtidens hållbara byggnader och anpassa de befintliga är det av stort intresse att studera hur material och konstruktioner förändras över tid. Evakueringarna som är på gång i Kiruna och Malmberget ger oss en unik möjlighet, som inte återkommer inom överskådlig framtid, att studera byggnader, som har varit bebodda och fungerar, i detalj och utan begränsningar trots att de inte är skadefall eller i övrigt rivningsmässiga.

## 1.1 Mål

Det finns ett stort behov av mer kunskap om hur våtrum fungerar med tanke på tätskikt, rörgenomföringar i såväl väggar som golv och tak samt installationer i byggnader som har varit i normalt bruk. Genom möjligheten att studera 148 lägenheter, varav hälften nu har rivits, i Kiruna har detta projekt undersökt 72 lägenheter på olika sätt för att ta reda på våtrumens status samt undersöka VVS-installationerna. I projektet fanns tillgång till två typiska konstruktioner av våtrumsväggar, lättbetongvägg och träregelvägg med olika kombinationer av kakel, klinker, våtrumsväv och våtrumsmatta.

Under projektets gång har rivningen av lägenheterna skjutits upp i omgångar, och till sist bestämdes att endast halva området skulle rivas. Samtidigt har samordningen med rivningen inte varit möjlig alla gånger. Exempelvis fick vissa prov angående legionella avstås i de rivna husen för att istället tas i den halvan av området som ännu inte har rivits.

## 2. Metod

Studien har bedrivits under 2015 och 2016 i ett flerbostadsområde i Kiruna i syfte att bland annat statusbestämma byggdelar och installationer i hus byggda på 1960-talet. Studien har i huvudsak gjorts av Lunds Tekniska Högskola i samarbete med Säker Vatten samt i mindre delar SP.

På grund av gruvnäringen har sättningar i gruvans närhet skett och till följd av detta ska stadsdelarna inom riskområdet avvecklas under ett antal år framöver. Bostadsområdet som studerats i detta projekt var ett av dessa område som skulle avvecklas och rivas. Område byggdes 1967 med två typer av byggnader där den ena typen var trevåningshus med utfackningsväggar i lättbetong och den andra hustypen var tvåvåningshus byggda av lättbetongelement på bottenvåningen och träregelstomme på ovanvåningen.

I studien ingår elva delstudier som ur olika aspekter behandlar våtrummen och dess status idag avseende funktion och skador. I varje kommande kapitel redogörs för vilka prover och mätningar som utförts med separat metodbeskrivning och resultat. Tabell 1 redovisar de olika delstudierna och antalet enheter (lägenheter, källarutrymmen eller schakt) som ingått i respektive delstudie. I tabell 2 framgår vilka lägenheter som de olika delarna genomfört i. Totalt har det ingått 72 lägenheter, 13 källaravdelningar och 4 schakt i undersökningen.

Tabell 1 Förklaring av forskningsfrågor i tabell 2

Delstudie	Innehåll	Antal enheter
1	Loggning av temperatur och relativ fuktighet	16
2	Provtagning bakterier bakom ytskikt	13
3	Svar från enkät	1
4	Undersökning av golvbrunnar	4
5	Undersökning av rör	15
6	Fuktbesiktning	14
7	Fuktmätning	22
8	Legionellaprov	12
9	Fuktmätning yttervägg	10
10	Mögelprov yttervägg	10
11	Temperatur- och RF-mätning i våtrum	23

Tabell 2 Lägenheter som har ingått i respektive delstudie enligt tabell 1.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2AA1	2AA1	4GG4	2AA1	2AA1	2AA1	2AA1	2AA5	2EE3	2EE3	2AA1
2	2AA3	2AA3		2DD4	2DD4	2AA3	2AA2	2CC5	2EE4	2EE4	2AA3
3	2AA5	2AA5		4AA1	4AA1	2AA5	2AA3	2EE4	2FF3	2FF3	2AA4
4	2BB5	2AA6		4CC4	4CC4	2AA6	2AA4	2HH6	2FF4	2FF4	2AA5
5	2BB6	2BB2			2AS	2BB2	2AA5	4AA5	4EE1	4EE1	2BB5
6	2DD5	2BB3			2AK	2BB3	2AA6	4CC5	4EE2	4EE2	2BB6
7	2DD6	2BB4			2BK	2BB4	2GG2	6A	4FF3	4FF3	2CC5
8	2HH1	2BB6			2D	2BB6	2GG5	6B	4FF4	4FF4	2DD2
9	4AA2	2DD3			4AS	2DD3	2HH3	6D	4GG3	4GG3	2DD5
10	4AA3	2DD5			4AK	2DD5	4AA1	8A	4GG4	4GG4	2DD6
11	4BB6	2DD6			4BK	2EE2	4BB5	8B			2FF1
12	4CC2	2EE2			4CS	2EE4	4BB6	8D			2GG4
13	4FF4	2EE4			4CK	2HH3	4CC1				2HH3
14	4GG1				4DS	4GG4	4CC2				4AA2
15	4GG2				4DK		4CC3				4BB5
16	4GG4						4CC5				4CC2
17							4CC6				4DD6
18							4DD1				4EE2
19							4DD2				4FF1
20							4DD4				4FF4
21							4DD5				4GG1
22							4DD6				4GG2
23											4GG4

### 3. Fuktkontroll i våtrum

Undersökningen utfördes i de våtrum som fanns i trevåningshusen. I dessa byggnader fanns både original och renoverade våtrum. I original byggdes våtrummen med golvmatta och målad väv på väggarna. Under 2007-2008 genomfördes ombyggnad av ett antal våtrum i beståndet. Dessa fick då keramiskt ytskikt och elektrisk golvvärme. Det fanns även våtrum som under åren fått ny golvmatta men där den målade väven på väggarna behållits.

#### 3.1 Metod

Fuktkontrollen i våtrummen utfördes både okulärt och med fuktindikationsmätare Gann Hydromette Uni 1 med Gann aktiv elektrod B60 på förutbestämda mätplatser. Mätplatserna i våtrummen var exempelvis lokaliserade till skruvhål för handfat, duschstång, badkarsblandare (se bild 1). Två mätpunkter fanns vid duschplats och badkar. För att göra jämförelser med mätvärdena vid våtzonerna mättes även värdena på referensplatser belägna i längst från dusch eller badkar. Mätplatsernas placering presenteras i tabell 3.

Tabell 3 Mätplatsers placering

Förkortning	Förklaring	Mätpunkten
BB	Badkarsblandare	Mellan röruttagen.
BBU	Under badkarsblandare	20 cm över golv.
BBÖ	Över badkarsblandare	180 cm över golv.
BB1m	1 meter utanför dusch/badkarsplats	20 cm över golv.
DSÖ	Övre duschstångsinfästning	Vid skruvhålet.
DSU	Undre duschstångsinfästning	Vid skruvhålet.
TSV	Vänster tvättställsinfästning	Vid skruvhålet.
TSH	Höger tvättställsinfästning	Vid skruvhålet.
VR	Referensmät punkt på vägg	20 cm över golv vid dörr in till våtrummet
WC	Vid golvinfästningarna	Vid skruvhålet.
FF/FV	Frånluftsfläkt/ventil	Precis under.
GB	Golvbrunn	Vid golvbrunn
GR	Referensmät punkt på golv	Vid dörren intill våtrummet.
RT	Rollat tätskikt	-



Bild 1 Mätplatser för indikationsmätning med Gann Hydromette Uni 1

### 3.2 Fuktindikation

För att mäta fukten i väggar och golv användes en fuktindikator av märket Gann. Avlästa värden på instrumentet ska ses som indikativa värden. Vid mätningen av våtrummet jämfördes mätvärdena i våtzone med mätvärdena som är uppmätta på referensmätplatserna vid badrumsdörren. Som stöd till att tolka mätvärdena finns det tabeller framtagna av Gann. Tabell 4 nedan visar mätvärdestabell hämtad från bruksanvisning till Gann hydromette Uni 1.

Tabell 4 Gann-instrumentets indikativa värden

#### Gann Uni 1 Fuktindikator - Indikativa värden

##### Visade värden (digitalenheter)

Dessa värden ska ses som indikativa och vägledande, inte som exakta mätvärden. Avvikelse tex. materialsammansättningen kan påverka dessa värden rejält.

##### Avläsning i digitalenheter

Material	mycket Torr	normalt torr	halv torr	Fuktig	mycket fuktig	våt
Lättbetong Furu gran Lättklinker PVC på spån skiva	10-20	20-40	40-60	60-90	90-110	över 100
Lecablock Björk ek Bok Spånskiva Träf. skiva	20-30	30-50	50-70	70-100	100-120	över 120
Betongblock. Lecablock Kalksandsten Sten Tegel Pvc- betong	20-40	40-60	60-80	80-110	110-130	över 130
Natursten Betong o bruk	30-50	50-70	70-90	90-120	120-140	över 140

**Observera att ovanstående värden enbart ska anses som indikativa**

Våtrummens väggar är trevåningshusen är byggda av betong med slitsar för inmurning av vattenrören. Mätplatserna för undersökningen är på betongvägg med undantag för evakueringskanalen som är monterad i lättbetongvägg. Detta har betydelse för avläsningen av värdena då rådensiteten skiljer (se tabell 4).

### 3.3 Resultat

I undersökningen ingår 22 lägenheter med skiftande ytskikt. Dessa har renoverats vid olika tidpunkter beroende på naturligt slitage, skador, ombyggnad etc.

I undersökningen fanns fyra varianter av våtrumsbeklädning. Dessa är:

- Original våtrum från byggnadsåret (8st.).  
Dessa hade målad väv som monterats på en ribbad plastmatta på väggen. På golvet var det en plastmatta.
- Renoverade våtrum med original väv på vägg men med utbytt golvmatta (2st.).
- Renoverade våtrum med ny väggmatta och ny golvmatta (2st.).
- Våtrum med keramisk beklädning på vägg och golv (10st.).  
Dessa var renoverade åren 2007-2008.

I tabell 5 nedan presenteras lägenheterna som ingick i denna delstudie.

Tabell 5 Beklädnad i våtrummen

Lägenhet	Beklädnad	Lägenhet	Beklädnad
2AA1	Keramisk	4AA1	Original golvmatta och väggväv
2AA2	Keramisk	4BB5	Ny golvmatta och ny väggmatta
2AA3	Keramisk	4BB6	Ny golvmatta och original väggväv
2AA4	Keramisk	4CC1	Original golvmatta och väggväv
2AA5	Keramisk	4CC2	Original golvmatta och väggväv
2AA6	Keramisk	4CC3	Ny golvmatta och original väggväv
2GG2	Keramisk	4CC5	Original golvmatta och väggväv
2GG5	Keramisk	4CC6	Original golvmatta och väggväv
2HH3	Keramisk	4DD1	Original golvmatta och väggväv
4DD4	Keramisk	4DD2	Ny golvmatta och original väggväv
		4DD5	Ny golvmatta och ny väggmatta
		4DD6	Original golvmatta och väggväv



### 3.3.1 Originalvåtrum

Det var ett stort antal lägenheter som inte var renoverade och hade originalbeklädnaden kvar. Bild 2 ovan visar våtrum med original våtrumsbeklädnad. Original beklädnad var en målad väv på en underliggande ribbad plastmatta på väggen och med en plastmatta med väv på undersidan på golvet (se bild 3 och 4).



*Bild 2 Original våtrumsbeklädnad*



*Bild 3 Målad väv på ribbad plastmatta*



*Bild 4 Original plastmatta med stomme av väv.*



*Bild 5 Rost på brunnfläns*

Bild 5 visar en golvbrunn och hur den rostade. Golvmattan i våtrummen var torr och skör vilket gjorde att den skärvade sig när den demonterades. Brunnflänsen hade rostade och fukt trängt upp under mattan runt brunnen vilket löst upp limmet och orsakat mattsläpp. Fuktmätningar visade att värdena för väggens mätplatser låg mellan 37-67 i dessa våtrum vilket enligt Ganns indikativa värden är mycket torrt till normal torrt (se Tabell 4). Fuktmätningar på golvet visade värden mellan 40-61 vilket är mycket torrt till normaltorr. Det var bara en lägenhet (4DD1) som visade ett högre värde (76) som enligt värdetabellen är halvtorr. I nästan alla originalvåtrum med väv på väggarna hittades

fuktskador av olika omfattning och mikrobiell påväxt hade skett bakom badkar (se bild 6, 7 och 8). Bild 7 visar hur fuktskadan löst upp limmet bakom väven och hur väv och bakomliggande plastmatta har släppt längs hela nederkanten. Det fanns mikrobiell påväxt på alla lagren i väggen (se bild 8).



*Bild 6 Fuktskada bakom badkar*



*Bild 7 Fuktskada och mikrobiell skada bakom badkar*



Bild 8 Mikrobiell påväxt bakom väv och bakomvarande ribbad plastmatta.

Mätningarna utfördes 24 mars 2015. Indikeringen av fukt redovisas både före och efter demontering av ytskikt då det visat sig att ytskiktet har en viss dämpande effekt på mätresultatet. Resultaten i tabell 6 visar att det var mycket till normal torrt vid infästningarna till badrumsdetaljerna. Indikationsvärdena ligger mellan 37 till 64. Resultaten i tabell 7 visar att det indikationsvärdet var mellan 37-60 på mätinstrumentet. Enligt tabell 4 visar dessa mätvärden att det var mycket torrt till normalt torrt. Resultaten i tabell 8 visar att det var mycket torrt till normal torrt i golvet både före och efter demontering av ytskiktet förutom vid golvbrunnen i 4DD1. Mätningen före visade 40 och 76 efter. 76 digitalenheter är halvtorrt enligt tabell 4.

Tabell 6 Vätrum matta Fuktmätning skruvhål

Fuktmätning skruvhål												
	Badkarsblandare		Duschstång				Tvättställ				WC	
	BB		DSÖ		DSU		TSV		TSH			
	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
Läg.nr.												
4AA1	40	51	48	57	45	51	47	57	46	52	FINNS	EJ
4CC1	-	40	-	-	-	-	-	47	-	49	FINNS	EJ
4CC2	40	50	45	54	50	59	42	52	44	52	48	50
4CC3	41	49	43	53	38	48	42	52	40	50	FINNS	EJ
4CC5	38	44	43	52	45	53	42	52	41	50	FINNS	EJ
4CC6	38	43	44	53	-	-	41	47	41	45	FINNS	EJ
4DD1	39	46	50	63	46	57	48	50	46	54	50	64
4DD2	37	43	-	-	-	-	39	49	43	48	53	64
4DD5	37	43	43	49	43	51	40	52	43	49	FINNS	EJ
4DD6	40	43	44	50	42	47	43	47	42	43	FINNS	EJ
4BB5	37	39	43	49	46	50	41	51	39	50	FINNS	EJ
4BB6	37	45	44	52	44	53	38	41	41	48	FINNS	EJ

F = före demontering av ytskikt

E = efter demontering av ytskikt

Tabell 7 Våtrum Fuktmätning väggar

Läg.nr.	Tätskikt vägg		Fuktmätning provplatser vägg									
	Sort	d (mm)	BBU 0,2M		BBÖ 1,8M		BB1M 0,2M		VR 0,2M		FF/FV	
			F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
4AA1	M+V	1,4	40	48	49	60	45	55	50	59	33	45
4CC1	M+V	1,4	-	49	-	44	-	44	-	28	-	38
4CC2	M+V	1,4	37	45	51	60	38	48	28	28	46	66
4CC3	M+V	1,4	38	46	43	53	40	55	43	56	34	33
4CC5	M+V	1,4	38	59	43	53	38	48	43	63	33	34
4CC6	M+V	1,4	40	43	44	51	31	38	27	30	37	41
4DD1	M+V	1,4	37	53	48	58	43	54	50	65	48	60
4DD2	M+V	1,4	37	48	45	58	44	59	45	66	48	60
4DD5	M+V	1,4	40	48	46	48	42	57	29	29	43	45
4DD6	M+V	1,4	37	38	44	51	39	50	28	31	30	48
4BB5	M	0,82	38	46	44	48	40	48	41	55	30	39
4BB6	M+V	1,4	38	43	44	52	38	43	40	55	38	39

M+V=Tätskiktsmatta och utanpåliggande väv

M=Tätskiktsmatta (Plastmatta)

Tabell 8 Våtrum Fuktmätning golv

Fuktmätning golv						
Läg.nr.	Väggmaterial		Gann mätresultat			
	Typ	D (mm)	GB		GR	
			F	E	F	E
4AA1	M	-			44	52
4CC1	M	2	-	54	-	50
4CC2	M	-	46	53	41	43
4CC3	M	-	47	51	48	53
4CC5	M	-	43	61	40	51
4CC6	M	-	41	47	42	47
4DD1	M	-	40	76	47	59
4DD2	M	-	59	66	47	58
4DD5	M	-	44	45	44	53
4DD6	M	-	44	55	41	48
4BB5	M	1,3	44	53	45	52
4BB6	M	1,4	45	53	46	52

### 3.3.2 Våtrum med ny golvmatta

Två av de undersökta våtrummen hade ny golvmatta (se bild 9). Mätvärdena i dessa två våtrum var 37-59 på väggens mätplatser vilket är mycket till normalt torrt. Mätningar på golven visade att det var 47-66 vilket enligt värdetabellen är mycket till normalt torrt på golven. Vid demontering av golvmatta i en av lägenheterna (4BB5) visade det sig att golvbrunnens fläns hade rostade och orsakat fuktinträning under mattan som fått denna att lossna (se bild 10 nedan).



*Bild 9 Renoverade våtrum med ny golvmatta*



*Bild 10 Rostad brunnsfläns vilket orsakat mattsläpp*

Fuktmätningarna som redovisas i tabellerna nedan utfördes i hus 4C-D 24 mars 2015. Indikeringen av fukt redovisas både före och efter demontering av ytskiktet då det visat sig att ytskiktet har en viss dämpande effekt på mätresultatet. Resultaten i tabell 9 visar att det var mycket till normalt torrt vid infästningarna till badrumsdetaljerna. Indikationsvärdena ligger mellan 37 till 64. Resultaten i tabell 10 redovisar att indikationsvärdet för väggar var mellan 37-60 på mätinstrumentet vilket visar att det var mycket torrt till normalt torrt. Resultaten i tabell 11 visar att indikationsvärdet för golv varierade mellan 45-66 på mätinstrumentet. Enligt tabell 4 visar dessa värden att det var mycket torrt till normalt torrt.

Tabell 9 Våtrum matta Fuktmätning skruvhål

Fuktmätning skruvhål												
	Badkarsblandare		Duschstång				Tvättställ				WC	
	BB		DSÖ		DSU		TSV		TSH			
	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
Läg.nr.												
4BB6	37	45	44	52	44	53	38	41	41	48	FINNS	EJ
4CC3	41	49	43	53	38	48	42	52	40	50	FINNS	EJ
4DD2	37	43	-	-	-	-	39	49	43	48	53	64

F = före demontering av ytskikt

E = efter demontering av ytskikt

Tabell 10 Våtrum Fuktmätning väggar

Tätskikt vägg			Fuktmätning provplatser vägg									
Läg.nr.	Sort	d (mm)	BBU 0,2M		BBÖ 1,8M		BB1M 0,2M		VR 0,2M		FF/FV	
			F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
4BB6	M+V	1,4	38	43	44	52	38	43	40	55	38	39
4CC3	M+V	1,4	38	46	43	53	40	55	43	56	34	33
4DD2	M+V	1,4	37	48	45	58	44	59	45	66	48	60

M+V=Tätskiktsmatta och utanpåliggande väv

M=Tätskiktsmatta (Plastmatta)

Tabell 11 Våtrum Fuktmätning golv

Fuktmätning golv						
	Väggmaterial		Gann mätresultat			
Läg.nr.	Typ	D (mm)	GB		GR	
			F	E	F	E
4BB6	M	1,4	45	53	46	52
4CC3	M	-	47	51	48	53
4DD2	M	-	59	66	47	58

### 3.3.3 Våtrum med ny vägg- och golvmatta

I undersökningen ingick två våtrum med ny vägg- och golvmatta (se bild 11). Mätningarna i hus 4C-D genomfördes 24 mars 2015. Indikeringen av fukt redovisas både före och efter demontering av ytskikt då det visat sig att ytskiktet har en viss dämpande effekt på mätresultatet. Resultaten i tabell 12 visar att det är mycket till normalt torrt vid infästningarna till badrumsdetaljerna. Väggens mätvärde visade 29-57, se tabell 13, vilket är mycket torrt till normalt torrt enligt tabell 4. Mätningarna på golv visade att värdena låg mellan 44-53, se tabell 14, vilket också är mycket torrt till normalt torrt.



Bild 11 Våtrum med ny vägg- och golvmatta





Bild 12 Mattsläpp runt golvbrunn

Tabell 12 Våtrum matta Fuktmätning skruvhål

Fuktmätning skruvhål												
	Badkarsblandare		Duschstång				Tvättställ				WC	
	BB		DSÖ		DSU		TSV		TSH			
	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
Läg.nr.												
4BB5	37	39	43	49	46	50	41	51	39	50	FINNS	EJ
4DD5	37	43	43	49	43	51	40	52	43	49	FINNS	EJ

*F = före demontering av ytskikt*

*E = efter demontering av ytskikt*

Tabell 13 Våtrum Fuktmätning väggar

Tätskikt vägg			Fuktmätning provplatser vägg									
Läg.nr.	Sort	d (mm)	BBU 0,2M		BBÖ 1,8M		BB1M 0,2M		VR 0,2M		FF/FV	
			F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
4BB5	M	0,82	38	46	44	48	40	48	41	55	30	39
4DD5	M+V	1,4	40	48	46	48	42	57	29	29	43	45

M+V=Tätskiktsmatta och utanpåliggande väv

M=Tätskiktsmatta (Plastmatta)

Tabell 14 Våtrum Fuktmätning golv

Fuktmätning golv						
Väggmaterial			Gann mätresultat			
Läg.nr.	Typ	D (mm)	GB		GR	
			F	E	F	E
4BB5	M	1,3	44	53	45	52
4DD5	M	-	44	45	44	53

M+V=Tätskiktsmatta och utanpåliggande väv

M=Tätskiktsmatta (Plastmatta)

### 3.3.4 Keramiska våtrum

Våtrummen med keramiska ytskikt renoverades 2007-2008. De gamla tätskikten ersattes med kakel på väggarna och klinker på golvet (se bild 13). Badrumsrenoveringarna avbröts 2008 när geotekniska mätningar visade att det var för stora marksättningar och bostadsområdet därför skulle rivas. Tabeller 15-17 redovisar uppmätta värden. Väggens mätningar visade värden av 37-63 vilket är mycket till normalt torr. Tabell 16 visar att det var mycket till normalt torrt i mätpunkterna BBU, BBÖ BB1 (se tabell 3 för förklaring av förkortningar). VR var uppmätt i lättbetongväggen där frånluftsventilen/fläkten var monterad. Resultaten visar att det var normaltorr vid fläkten/ventilen i de flesta våtrummen. Vid frånluftsventilen var det halvtorr i tre lägenheter och fuktigt i lägenhet 2AA2. Golvets mätvärde låg mellan 40-61 vilket är mycket torrt till normalt torr. Dock var det en lägenhet (4DD1) som hade ett värde av 76 vid golvbrunnen vilket är halvtorr enligt tabell 4. Resultaten i tabell 17 visar att det var mycket till normalt torrt i betonggolven. Indikationsvärdena låg mellan 46-68.



Bild 13 Badrum med keramiska ytskikt

Tabell 15 Keramiska våtrum Fuktmätning skruvhål

Fuktmätning skruvhål						
Läg.nr.	BB	Duschstång		Tvättställ		WC
		DSÖ	DSU	TSV	TSH	
2HH3	44,8	53,2	51,6	53,5	52,5	FINNS EJ
2GG2	43,8	FINNS EJ	FINNS EJ	46,5	47,6	59,5
2GG5	67	64	58	55	59	FINNS EJ
2AA1	52	62	57	55	55	FINNS EJ
2AA2	44	65	56	55	52	58
2AA3	45	-	-	55	57	FINNS EJ
2AA4	45	45	46	56	52	FINNS EJ
2AA5	51	-	-	53	51	FINNS EJ
2AA6	56	57	59	57	66	FINNS EJ
4DD4	37	47	55	55	52	FINNS EJ

Tabell 16 Keramiska våtrum Fuktmätning väggar

Läg.nr.	Tätskikt vägg		Fuktmätning provplatser vägg				
	Typ	Tjocklek	BBU 0,2M	BBÖ 1,8M	BB1M 0,2M	VR 0,2M	FF/FV
2HH3	RT	0,46	46	50	45	37	50
2GG2	RT	0,47	41	58	53	39	50
2GG5	RT	0,48	50	58	63	38	41
2AA1	RT	0,35	49	62	63	30	38
2AA2	RT	0,47	52	62	41	27	<b>69</b>
2AA3	RT	0,51	55	62	62	26	38
2AA4	RT	0,39	46	44	51	41	32
2AA5	RT	0,49	46	61	58	40	33
2AA6	RT	0,66	54	57	60	27	38
4DD4	RT	0,41	45	56	57	29	38

Tabell 17 Keramiska våtrum Fuktmätning golv

Läg.nr.	Fuktmätning provplatser golv		Tätskikt golv	
	GB	GR	Typ	Tjocklek (mm)
2HH3	64	63	RT	0,35
2GG2	67	55	RT	0,46
2GG5	68	51	RT	0,47
2AA1	60	50	RT	0,50
2AA2	55	55	RT	0,50
2AA3	57	46	RT	0,51
2AA4	59	56	RT	0,50
2AA5	67	60	RT	0,38
2AA6	50	60	RT	0,47
4DD4	48	61	RT	0,51

### 3.4 Våtrummens status

Våtrummen har olika status gällande beklädnad då vissa renoveringar och ombyggnader gjorts under åren. Nedan redovisas exempel på detaljer och utförande i de olika våtrummen uppdelat baserat på yttskikt.

#### 3.4.1 keramiska våtrum

##### Lägenhet 2AA1

Denna lägenhet har en beklädnad av klinker på golv och kakel på vägg. Väggen var kaklad upp till två meters höjd. Ovanför kaklet var yttskiktet målad väv. Detta utförande var det samma för alla keramiska våtrum.



Bild 14-17 Lägenhet 2AA1

### Lägenhet 2AA2

Bilderna visar utformning, brunnplacering och armaturinfästning samt infästning av wc. Som synes var denna pluggad utan tätningfog.



Bild 18-21 Lägenhet 2AA2

### Lägenhet 2AA3

Bilderna visar manschett runt golvbrunn, infästning badkarsblandare och frånluftsventil samt gummitätskikt på golv.



Bild 22-25 Lägenhet 2AA3

### Lägenhet 2AA4

Bilderna visar rörinfästningar, utformning och frånluftsfläkt.



Bild 26-29 Lägenhet 2AA4

### Lägenhet 2AA5

Bilderna visar väggskikt, rörinfästningar, utformning och golvtätskikt runt brunn.



Bild 30-33 Lägenhet 2AA5

### Lägenhet 2AA5

Bilderna visar väggskikt, rörinfästningar, utformning och golvtätskikt runt brunn.

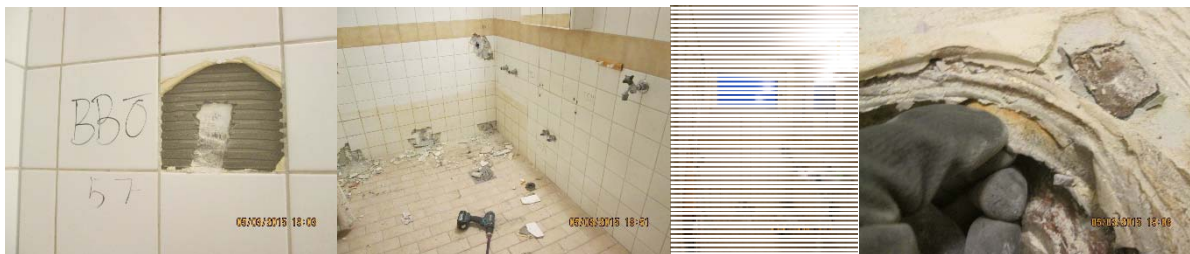


Bild 34-37 Lägenhet 2AA5

### Lägenhet 2GG2

Bilderna visar golvbrunnsmembran, utformning och rörinstallationer



Bild 38-41 Lägenhet 2GG2

### Lägenhet 2GG5

Bilderna visar röranslutning för tvättställ, utformning och demontering av kakel för mätning.



Bild 42-45 Lägenhet 2GG2

### Lägenhet 2HH3

Bilderna visar tätskikt väv ovanför kakel, överlapp kakel på väv, badrummets utformning samt pluggning av infästning till tvättställ.



Bild 46-49 Lägenhet 2HH3

### Lägenhet 4DD4

Bilderna visar mätställe på vägg bakom kakel, rummets utformning samt tätskikt bakom väv vid frånluftsventil.



Bild 50-53 Lägenhet 4DD4

### 3.4.2 Original våtrumsbeklädnad

Våtrummen hade från början matta på golv och väv på väggarna. Under årens lopp har en del renoverats efter behov. De som fanns kvar i original hade en del skador och speciellt fuktskador och mikrobiell påväxt bakom badkar.

Nedan redovisas bilder, från originalvåtrum, som visar utformning, infästningar, skador etc.

#### Lägenhet 4AA1

Bilderna visar påväxt bakom badkar, infästning badkarsblandare, utformning och mätplatser.



Bild 54-57 Lägenhet 4AA1

#### Lägenhet 4CC1

Bilderna visar mikrobiell påväxt bakom väv, mätplatser, rostangrepp under matta vid golvsbrunn samt frånluftsdon.



Bild 58-61 Lägenhet 4CC1

#### Lägenhet 4CC2

Bilderna visar läckage runt golvsbrunn, ytskikt vid frånluftsdon, badrummets utformning samt mätställe vid övre duschstångsinfästning.



Bild 62-65 Lägenhet 4CC2



### Lägenhet 4CC5

Bilderna visar våtrumets utformning, läckage runt golvbrunn, mätplats och lagning av väv vid golvmatta.



Bild 66-69 Lägenhet 4CC5

### Lägenhet 4CC6

Bilderna visar mikrobiell påväxt bakom tvättställ, mikrobiell påväxt bakom badkar, badrummets utformning och lagning av väggs väv i golv-väggvinkeln.



Bild 70-73 Lägenhet 4CC6

### Lägenhet 4DD1

Bilderna visar badkarsblandare, Mikrobiell påväxt bakom badkar, våtrumets utformning samt mätplatser.



Bild 74-77 Lägenhet 4DD1

### Lägenhet 4DD6

Bilderna visar våtrumets utformning, mikrobiell påväxt bakom badkar, mätplatser och golvbrunn.



Bild 78-81 Lägenhet 4DD6

### 3.4.3 Våtrum med original väggväv och ny golvmatta

I undersökningen ingick det tre våtrum med original våtrumsväv och ny golvmatta.

#### Lägenhet 4BB6

Bilderna visar infästning badkarsblandare, utformning av våtrum, uppvikt matta på tvättställsavlopp och nervik matta i golvbrunn efter att klämring avlägsnats.



Bild 82-85 Lägenhet 4BB6

#### Lägenhet 4CC3

Bilderna visar badkarsblandare, våtrumets utformning, rost på golvbrunn och bakteriell påväxt bakom tvättställ.



Bild 86-89 Lägenhet 4CC3

#### Lägenhet 4DD2

Bilderna visar tvättställsavlopp, uppvik på wc-avlopp, våtrumets utformning, mätplatser vid tvättställ.



Bild 90-93 Lägenhet 4DD2

### 3.4.4 Våtrum med ny väggmatta och ny golvmatta.

I två av våtrummen hade golvmatta och väggväven bytts ut.

#### Lägenhet 4BB5

Bilderna visar klämring, radiatorrör, våtrumets utformning och golvbrunn.



Bild 94-97 Lägenhet 4BB5

### Lägenhet 4DD5

Bilderna visar duschstånginfästning, våtrumets utformning, golvbrunn samt golvmattans uppvik.



Bild 98-101 Lägenhet 4DD5

### 3.5 Diskussion

Vid användning av Gann Hydromette 1 visade det sig att ytmaterialen på golv och väggar dämpar den dielektriska signalen som instrumentet avger. Mätning före och direkt efter demontering av ytmaterial visade på skillnader på i genomsnitt 25 till 30 procent beroende på material.

Mätningarna utfördes under mars månad då lägenheterna stått tomma i tre månader vilket kan ha lett till en viss uttorkning under denna period. Speciellt på de platser där det varit läckage som till exempel runt golvbrunnar. Den okulära besiktningen av mätplatserna visade dock inte att det skulle skett något fuktläckage mer än vad som redan nämnts i resultaten som till exempel mattsläpp runt golvbrunn och fuktskador på originalväv bakom badkar.

## 4. Rörkontroll i våtrum

Undersökningen syftar till att kontrollera rören i fyra våtrum i olika byggnader för att studera rörens status idag avseende exempelvis korrosion.

### 4.1 Metod

För att kunna genomföra undersökningen måste golv och vägg bilas upp för att blottlägga all rördragning i våtrummet (se bild 14 och 15). Rörsystemet plockades sedan försiktigt ut/upp och skars upp i provbitar. När rörsystemet bilats fram dokumenteras detta med foto (se bild 102-105). Provbitarna analyserades okulärt för att kontrollera deras status avseende bland annat korrosion och sprickor. Förutom den okulära analysen mättes rördimensioner och nuvarande godstjocklek på alla provbitar.



*Bild 102 Uppbilning av avloppssystem*



*Bild 103 Utbilning av vattenrörssystem*



Bild 104 Sortering och uppmärkning av rörprover



Bild 105 Provbitar från rörsystemet i badrum 2AA1

## 4.2 Resultat

Demonteringen av rörsystemen utfördes i fyra våtrum i fyra olika byggnader. Av de fyra våtrum som ingick i undersökningen var det endast ett med ytbeläggning kvar från byggnadsåret 1967. De andra tre var renoverade med keramisk ytbeläggning.

Rören var isolerade och dragna i slitsar i betongväggen som muratsigen i efterhand. All rördragning för tappvatten var draget med kopparrör. Rör och detaljer som till exempel böjar, t-kors med mera var hårdlöddade. Alla rör till spillvattnet var av gjutjärn.

Analysen av kopparrören visar att korrosionen har varit ringa i systemet. De ingjutna rördragningarna i badrummen visar liten eller ingen korrosion. Det var endast i någon böj eller vid lödning det fanns lite tecken på gropfrätning i godset. Likadant var det med matningen mellan lägenheterna som hade liten eller inga tecken på korrosion.

VVC-slingan visade däremot tecken på hastighetskorrosion och materialförtunning på en del ställen. Delar av VVC-systemet har bitvis bytts ut under årens lopp på grund av dessa problem. Ett rör bröts till och med av vid demontering av en provbit i anslutning till en cirkulationspump (se bild 106). Här var godstjockleken så tunn att röret inte kunde hålla upp pumpen då röret skars av på andra sidan utan det bröts av utav pumpens vikt. Av provbitarna upptäcktes 8 fall av gropfrätning av ringa karaktär som inte påverkat rörens godstjocklek nämnvärt. I ett fall med gropfrätning hade denna

belagts med en rostbeläggning senare (se bild 107). I ett matarrör i källaren hade delar av ytan korroderat (se bild 108). Vid ett antal prov hade fåtal angrepp av gropfrätning uppstått vid lödningen av detaljerna (se bild 109 och 110). Vid analyserna visade mätning av godstjockleken att alla var lite tjockare i godset än vad som framgår av fabrikörens märkning.



*Bild 106 Rörbrott vid demontering*



*Bild 107 Belagd gropfrätning*



*Bild 108 Ytkorrosion*



*Bild 109 Korrosion i rör vid lödning*



*Bild 110 Gropfrätning vid lödning*

I tabell 18 redovisas om det fanns korrosion och till vilken grad. För att göra korrosionsutbredningen i rören utläsbar ur tabellen är korrosionen uppdelad i tre kategorier enligt följande:

- Kategori 1 ingen synlig korrosion.
- Kategori 2 synliga tecken på korrosion men ingen nämnvärd påverkan på röret eller dess godstjocklek.
- kategori 3 utbredd korrosion som har påverkat godsets tjocklek eller uppstådd sprickbildning.

I tabellen finns ovanstående kategorier 1-3 i fältet "angreppstyp".

Tabell 18 Röranalys

Provbitar	Tjocklek (mm)		Korrosionskategori och angreppsutbredning					Angreppstyp	Kommentar
	Märkning	Orig.	Nu	Rör (varmt/kallt)	1	2	3		
2A1	22/20	1,17	Kallt		X		Gropfrätning	Få punkter.	
2A2	22/20	1,08	– II –	X			-	-	
2A3	22/20	1,01	Varmt	X			-	-	
2A4	22/20	0,98	– II –	X			-	-	
2A5	16/14	1,01	– II –	X			-	-	
2A6	22/20	1,20	Kallt	X			-	-	
2A7	22/20	1,16	– II –	X			-	-	
2A8	22/20	1,28	– II –	X			-	-	
2A9	12	1,09	Varmt	X			-	Nytt kromat rör	
2A10	12	1,11	Kallt	X			-	Nytt kromat rör	
2A11	8/6	1,32	-	X			-	Nytt kromat rör till tvättställsblandare.	
2A12			-						
2A13	-	Tabell 8	-			X	Rostat	Golvbrunn. PAT 181909 (1962)	
2A14	28	1,57	Kallt	X			-	-	
2A15	28/25	1,57	Varmt	X			-	-	
2A16	28/25	1,52	– II –		X		Korrosion	Vid svets	
2A17	40/37	1,47	– II –	X			-	-	
2A18	22/20	1,01	– II –	X			-	Lös rostbeläggning	
2A19	40/37	1,55	Kallt		X		Korrosion	Hela röret	
4A1	22/20	1,00	– II –	X			-	-	
4A2	22/20	1,00	– II –	X			-	-	
4A3	22/20	1,09	– II –	X			-	-	
4A4	-	Tabell 8	-			X	Rostat	Golvbrunn	
4A5	22/20	1,18	Varmt		X		Gropfrätning	Endast få punkter vid svetsning, ytliga.	
4A6	22/20	1,10	– II –	X			-	-	
4A7	16/14	1,11	– II –	X			-	-	
4A8			– II –						
4A9			Kallt						
4A10	8/6	-	– II –	X			-	Nytt kromat rör till tvättställsblandare.	
4A11	16/14	1,07	– II –		X		Gropfrätning	Endast få punkter	
– II –	16/14	1,09	– II –				-	-	
4A12	22/20	1,57	– II –	X			-	-	
4A13	28/	1,55	– II –	X			-	-	
4A14	22/20	1,10	Varmt	X			-	-	
4A15	42/	1,57	Kallt	X			-	Grön beläggning	
4A16	40	1,56	Varmt	X			-	-	
4C1	22/20	1,04	Kallt		X		Gropfrätning	Endast få punkter vid svetsning	
4C2	22/20	1,17	– II –		X		Gropfrätning	Endast få punkter vid svetsning	
4C3	22/20	1,13	– II –	X			-	-	



4C4	-	Tabell 8	-			X	Rostat	Golvbrunn
4C5	22/20	1,12	Varmt	X				
4C6	22/20	1,07	- II -	X			-	-
4C7	16/14	1,15	- II -	X			-	-
4C8	8/6	1,01	- II -	X			-	Nytt kromat rör
4C9	8/6	1,02	Kallt	X			-	Nytt kromat rör
4C10	-	-	-	-	-	-	-	Endast köksblandare
4C11	-	-	-	-	-	-	-	Endast köksblandare
4C12	22/20	1,06	-		X		Gropfrätning	vid svets
4C13	22/20	1,01	-	X			-	-
4D1	22/20	1,06	Kallt		X		Gropfrätning	Endast få punkter
4D2	22/20	1,16	- II -	X			-	-
4D3	22/20	1,14	- II -				Gropfrätning	Endast få punkter (belagda)
4D4	-	Tabell 8	-			X	Rostat	Golvbrunn
4D5	22/20	1,06	Varmt		X		Gropfrätning	Endast få punkter
4D6	22/20	1,13	- II -	X			-	-
4D7	16/14	1,18	- II -	X			-	-
6:1	16/14	1,04	- II -	X			-	Rostbeläggning
6:2	16/14	0,45	- II -			X	Hastighet	Brott vid demontering
6:3	28/25	1,56	- II -	X			-	-
6:4	22/20	1,11	- II -	X			-	-
6:5	16/14	0,97	- II -	X			-	-
8:1	22/20	0,47	- II -			X	Hastighet	Vid koppling
8:2	16/14	1,14	- II -	X			-	-
8:3	22/20	1,24	VVC	X			-	-
2A-D	28/25	1,47	VVC	X			-	-
4A-D 1	16/14	0,67	VVC			X	Hastighet	I böjen
4A-D 2	28/25	1,53		X			-	-
2AA1-5	110	4,31	Spillvatten	X			-	-
2D1-5	110	4,43	Spillvatten	X			-	-
2D2-6	36/?	2,26?	Kallt	X				Grön beläggning. Rördimensionen är inte fastställd men det är ett grövre kopparrör med ytterdiameter 36 mm.
2D2-6	28/25	1,56	Varmt	X			-	-

Det fanns två olika modeller av brunnar i de kontrollerade våtrummen. Dessa var märkta PAT 181909 och PURUS S50 A-M. Purusbrunnen är troligtvis utbytesbrunnar monterade vid våtrumsreoveringen 2007-08. Brunnarna märkta PAT 181909 är patenterade 1962 och är troligtvis originalbrunnar från byggnadsåret. Alla fyra demonterade och undersökta brunnar hade korroderat vilket påverkat deras godstjocklek. Alla brunnsflänsar hade korroderat vilket lett till att tätskikten mer eller mindre släppt från underlaget då limningen gått upp. I tabell 19 presenteras korrosionsmätningar för respektive golvbrunn. Brunnarna snittskars och mättes på tre platser enligt bild 111-113.



Bild 111 Snittskuren golvbrunn



Bild 112 Utskuret snitt

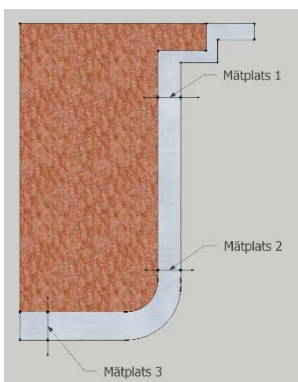


Bild 113 Mätplatser på snittet

Tabell 19 Korrosion golvbrunnar

<u>Lägenhet</u>	<u>Ytbeläggning</u>	<u>Provmärkning</u>	<u>Modellbeteckning på golvbrunn.</u>	<u>Godstjocklek (mm)</u>		
				<u>Mätplats 1</u>	<u>Mätplats 2</u>	<u>Mätplats 3</u>
2AA1	Kakel/klinker	2A13	PAT 181909	4,73	5,06	5,66
4AA1	Väv/matta	4A4	PURUS S50 A-M	4,56	4,58	3,17
4CC4	Kakel/klinker	4C4	PURUS S50 A-M	5,72	4,00	4,03
4DD4	Kakel/klinker	4D4	PAT 181909	6,59	4,63	5,75

Undersökningen visar att av 64 provbitar från olika delar av rörsystemen är 47 utan tecken på korrosion. 10 prover har korroderat men utan att påverka godstjocklek nämnvärt. Korrosionen består av gropfrätning på åtta prov och ytkorrosion på två prov. Båda proven med ytkorrosion är på kallvattensidan. På de prov där det uppstått gropfrätning kom fem prov från kallvattensidan och tre prov från varmvattensidan. Ett prov var inte märkt med vilken sida, dock kom detta rör från matningen till ovanliggande lägenhet i trapphus 4C. 7 prover hade större omfattning av korrosion vilket påverkat godstjockleken på dessa prover i olika omfattning. Fyra av dessa prov var golvbrunnar och de andra tre provbitarna kom från VVC-slingorna.

#### 4.2.1 Rördemontering i våtrum

Nedan följer bilder som visar exempel från demontering av rörsystem i de olika våtrummen.

##### *Lägenhet 2AA1*

Bilderna visar rördragning i väggar, rörschakt i vägg bakom toalettstol på toaletterna, helbockade rör samt infästningar av tvättställ.



Bild 114-118 Lägenhet 2AA1

### Lägenhet 2DD4

Bilderna visar rördragning till bad och tvättställ, golvbrunn och badkarsinfästning.



Bild 119-122 Lägenhet 2DD4

### Lägenhet 4AA1

Bilderna visar rördragning i vägg, golvbrunn, samt uttag till tvättställ.



Bild 123-126 Lägenhet 4AA1

### Lägenhet 4CC4

Bilderna visar badkarsblandarinfästning, uttag till tvättställ, rördragning i vägg samt uttag till tvättmaskin.



Bild 127-130 Lägenhet 4CC4

### Inkommande kulvert 2B

Bilderna visar inkommande matning från kulvert, demontering av prover samt provbitar.



Bild 131-134 Inkommande kulvert 2B

### **Inkommande kulvert 4B**

Bilderna visar inkommande matning från kulvert och VVC-matning.



*Bild 135-138 Inkommande kulvert 4B*

### **VVC-slinga 2A-B**

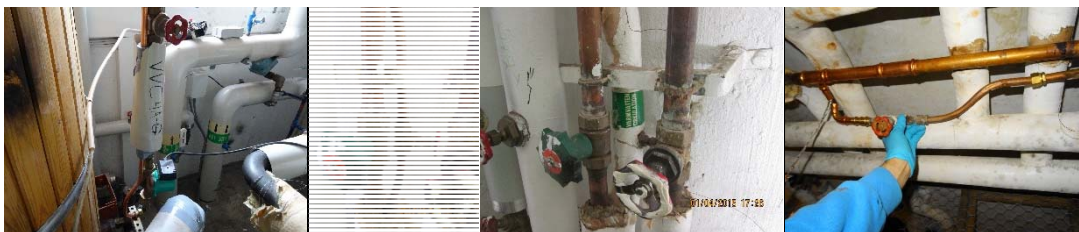
Bilderna nedan visar avstängningsventil på slutslingan samt avstängningsventil vid inkommande kulvert.



*Bild 139-142 VVC-cirkulation 2A-B*

### **VVC-slinga 4A-B**

Bilderna nedan visar starten av VVC-slingan med pump, avstängningsventil vid inkommande kulvert samt avstängningsventil på slutslingan.



*Bild 143-146 VVC-slinga 4A-B*

## **4.3 Diskussion**

Undersökningen av rören som var ingjutna i väggarna i våtrummen visade att de var i gott skick med liten eller ingen påverkan av korrosion. Det var endast VVC-slingans komponenter som påvisade korrosion och hastighetskorrosion där godstjockleken påverkats. På många ställen i VVC-systemet hade rör och pumpar bytts ut på grund av detta. Golvbrunnarna hade alla problem med rost och i vissa fall grav sådan. Kransarna på de undersökta golvbrunnarna hade alla kraftig korrosion vilket lett till att läckage inträffat runt brunnarna.

## 5. Legionellaprov i VVS- och VVC-system

Legionellaprover har tagits i tappvattensystemet och i varmvattencirkulationssystemet. I tappvattensystemet togs prov i anslutning till badkarsblandaren. Proverna togs i den lägenhet som var belägen längst bort från inkommande vatten i byggnaderna. Proven från VVC-slingan togs från tre punkter på denna i samband med vattnet stängs ner till området av Tekniska Kontoret. Provplatser och metod har diskuterats med Peter Rådström, Teknisk Mikrobiologi, och Kenneth Persson, Teknisk Vattenresurslära, på LTH.

Proverna togs med speciella svabbar och analyseras på ALcontrol med PCR-analys. Proven i lägenheterna togs från rören till badkarsblandaren och. .

### 5.1 Metod

Provmetoden för tappvattensystemet innebär att badkarsblandaren demonteras och rörändan steriliseras med hjälp av en tändare då den eldas av (se bild 147). Iklädd latexhandskar, för att inte kontaminera provet, förs en svabb försiktigt in i röret som roteras samtidigt som den stryks över insidan av röret. Därefter förs svabben in i tillhörande provrör och locket stängs. (se bild 149 nedan). Proverna skickades till ALcontrol i en för ändamålet avsedd kylväska med kylklampar i (se bild 150). Inför provtagning i badkarsblandarna stängdes vattnet av på slingan upp till lägenheterna ovan på den berörda slingan (se bild 151).



*Bild 147 Sterilisering av rörändan*



Bild 148 Provsavv från ALcontrol



Bild 149 Provtagning i röruttagen till badkarsblandare

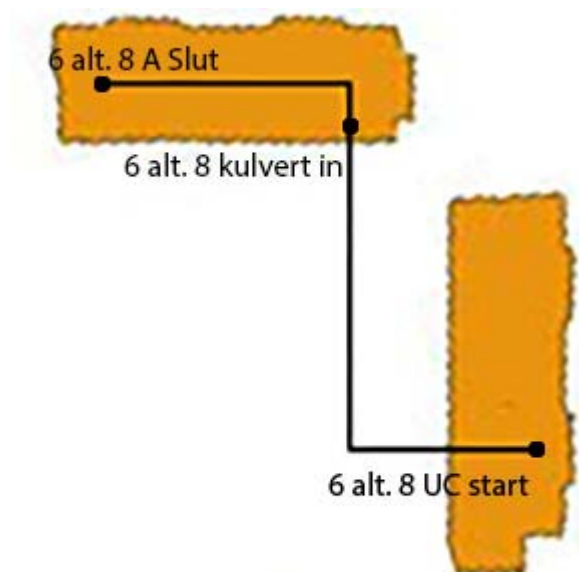


Bild 150 ALcontrols kylväska



Bild 151 Avstängningsventiler på matningsledning

Provmetoden för VVC-systemet innebar att VVC-slingan kapas på de ställen på där proven var önskade. Legionellaproverna togs ur VVC-slingan på två gårdar. VVC-slingan på gård 6 startar i undercentralen belägen i källaren i 6D och går genom en kulvert till källaren i 6B och löper sen i taket i källarkorridoren fram till 6A där den går ihop med varmvattenmatningen. På gård 8 är undercentralen belägen på entréplan då det inte finns någon källare i hus 8C-D. VVC-slingan går ut i förrådet utanför entrédörren och går där ner i en kulvert som löper i marken fram till hus 8A-B där den kommer in i källaren i 8B. Därefter löper den i källarkorridoren fram till 8A där den går in i varmvattenmatningen. Proverna skickades både till ALcontrol i Karlstad. Alla proverna togs i juli 2015. Prov nummer ett togs där slingan börjar i undercentralen i källaren i 6D. Prov nummer två togs där kulverten kommer in i källaren på hus 6B. Tredje provet togs där slingan vänder i källaren på 6A (se figur 1 och bilder 152-154). Motsvarande provplatserna användes i hus 8. Proverna skickades till ALcontrol för PCR-analys med svabbprover för att leta efter DNA från *Legionella pneumophila*. Alla proverna togs i juli 2015.



Figur 1 Provplatser för legionella





*Bild 152 VVC-Start i undercentral*



*Bild 153 Inkommande kulvert i källaren under trapphus B*



*Bild 154 Slutet på slingan i källaren under trapphus A.*

## 5.2 Resultat

Prover på tappvattenssystemet togs i sex av byggnader i den lägenhet som i respektive byggnad var längst bort på rörsystemet. Det innebär sex prover på kallvattensidan och sex prover på varmvattensidan som analyserats med PCR-analys. Inget av dessa prover påvisade någon förekomst av legionellabakterier.

I VVC-systemet togs sex prover, tre från vardera VVC-slinga på två gårdar. Inget av dessa prover påvisade någon förekomst av legionellabakterier.

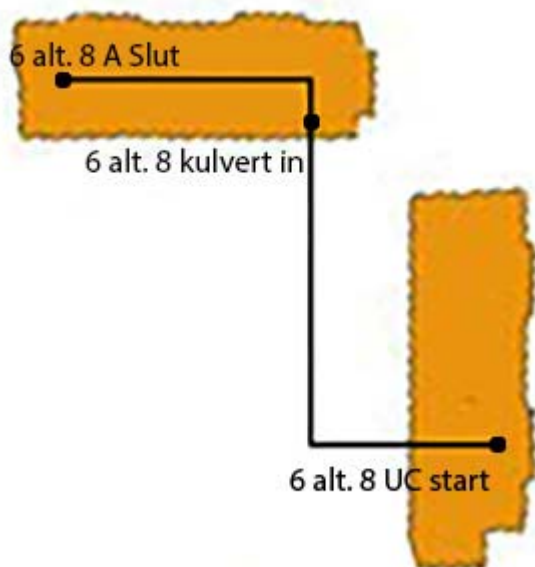


## 6. VVC-Temperatur

I undersökningen har VVC-slingorna i hus 6AB, 6CD, 8AB och 8CD temperaturloggats. På gårdarna finns det från undercentralerna två slingor som cirkulerar varmvattnet mellan hus 6C-D och 6A-B samt mellan hus 8C-D och 8A-B. Avsikten med temperaturmätningen var att fastställa om det finns risk för låg temperatur i systemet som kan ge förutsättning för legionellatillväxt i rörsystemet.

### 6.1 Metod

För att mäta temperaturen på VVC-slingan användes Hobo-logger modell U12-13 med två externa utgångar för att koppla in en extern TMC6-HD sensor. Temperaturen mättes på tre ställen på VVC-slingorna där första mätpunkten var i undercentralen i hus D, andra mätpunkten var på inkommande VVC-rör i källaren på hus B och tredje mätpunkt var på röret som ansluter till varmvattenröret i källaren till trapphus A (se figur 2). Den externa mätsensorn tejpas på röret under isolerskålen i de fall det var möjligt (se bild 155). Temperaturerna loggades var 5 minut under mätperioden. Loggrarna placerades ut den 2 juli och plockades ner den 21 juli 2015. Resultatet från denna mätperiod, Mätperiod 1, visade att varmvattencirkulationen inte var i drift. Åtgärder genomfördes i byggnaderna och efter dessa genomfördes nya mätningar under Mätperiod 2. I resultatkapitlet redovisas mätdata för respektive mätperiod.



Figur 2 VVC-slinga 6 alt. 8 D-A



Bild 155 Mätsensor på VVC-rör i Undercentral.

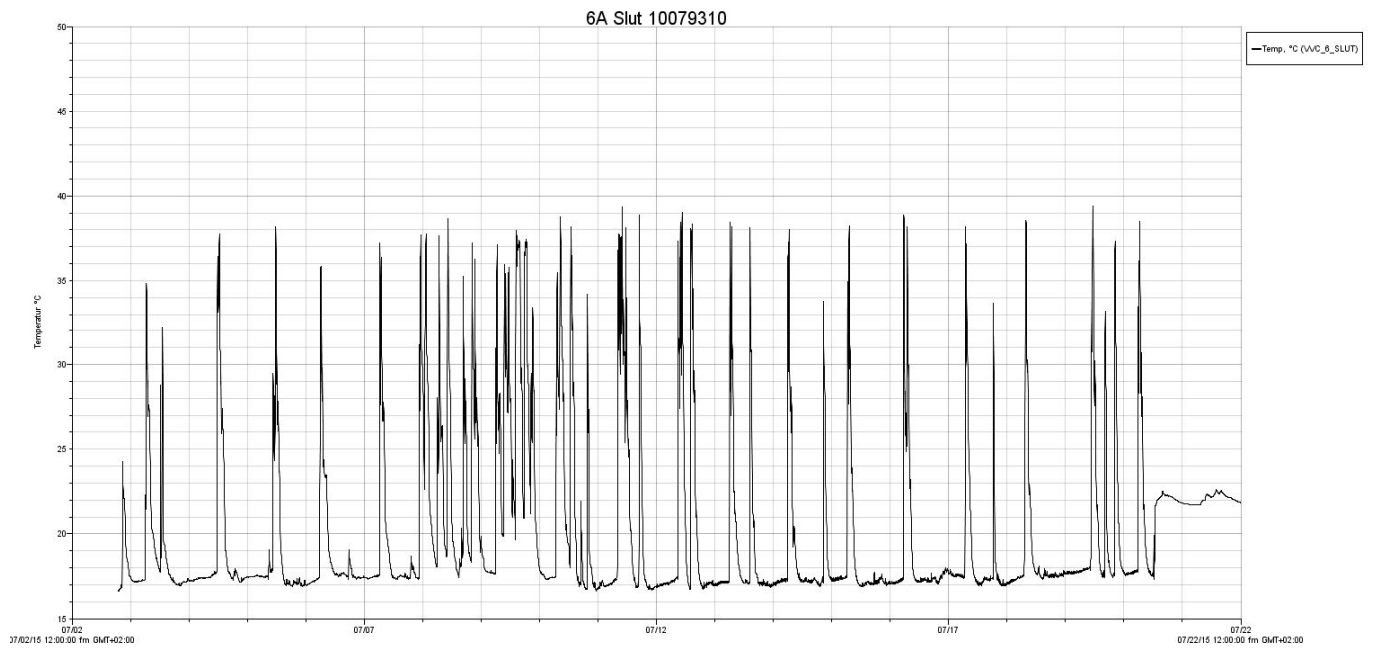
## 6.2 Resultat

Resultatet av mätningarna under Mätperiod 1 redovisas i tabell 20 och figur 3-9.

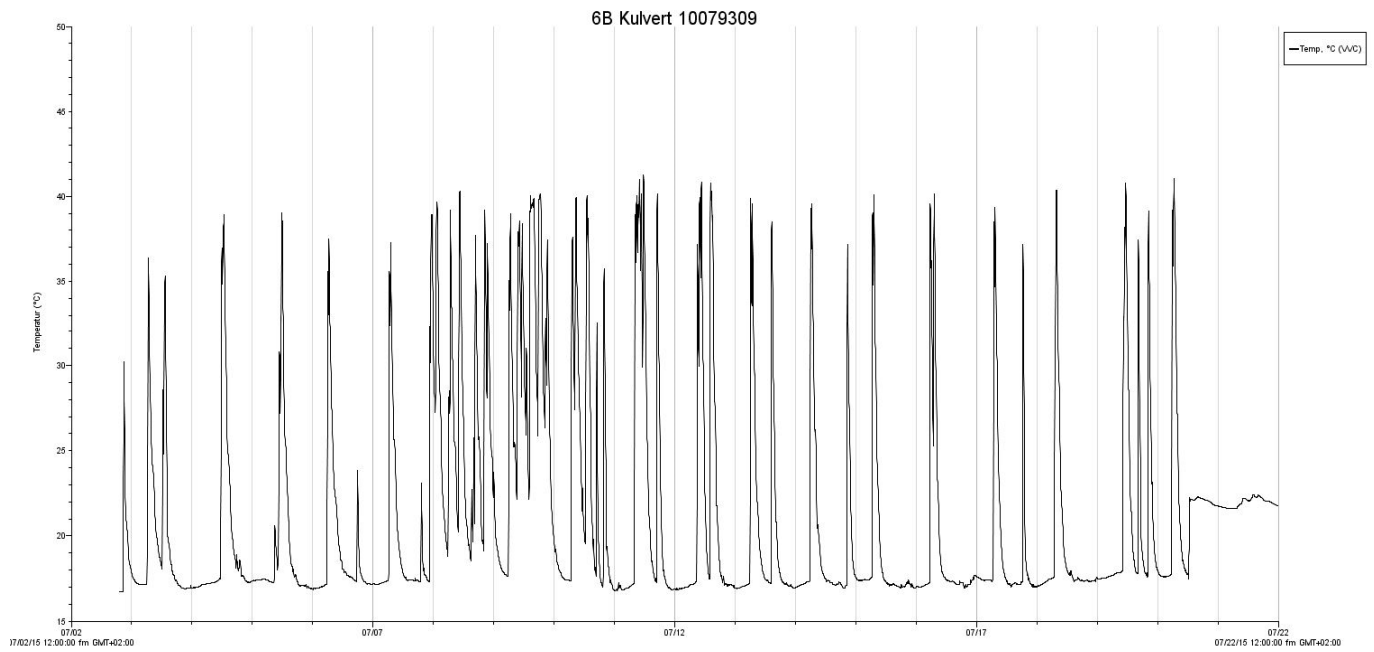
Tabell 20 Uppmätta temperaturer under Mätperiod 1

Temperatur	Mätplatser					
	U-central 6D	Kulvert 6B	Slutslinga 6A	U-central 8D	Kulvert 8B	Slutslinga 8A
Medeltemp (°C)	32,4	21,1	20,1	39	34,6	31,6
Maxtemp (°C)	49,1	41,2	39,4	46,3	46,4	43,6
Mintemp (°C)	24,1	16,2	16,6	24,5	21,6	20,5

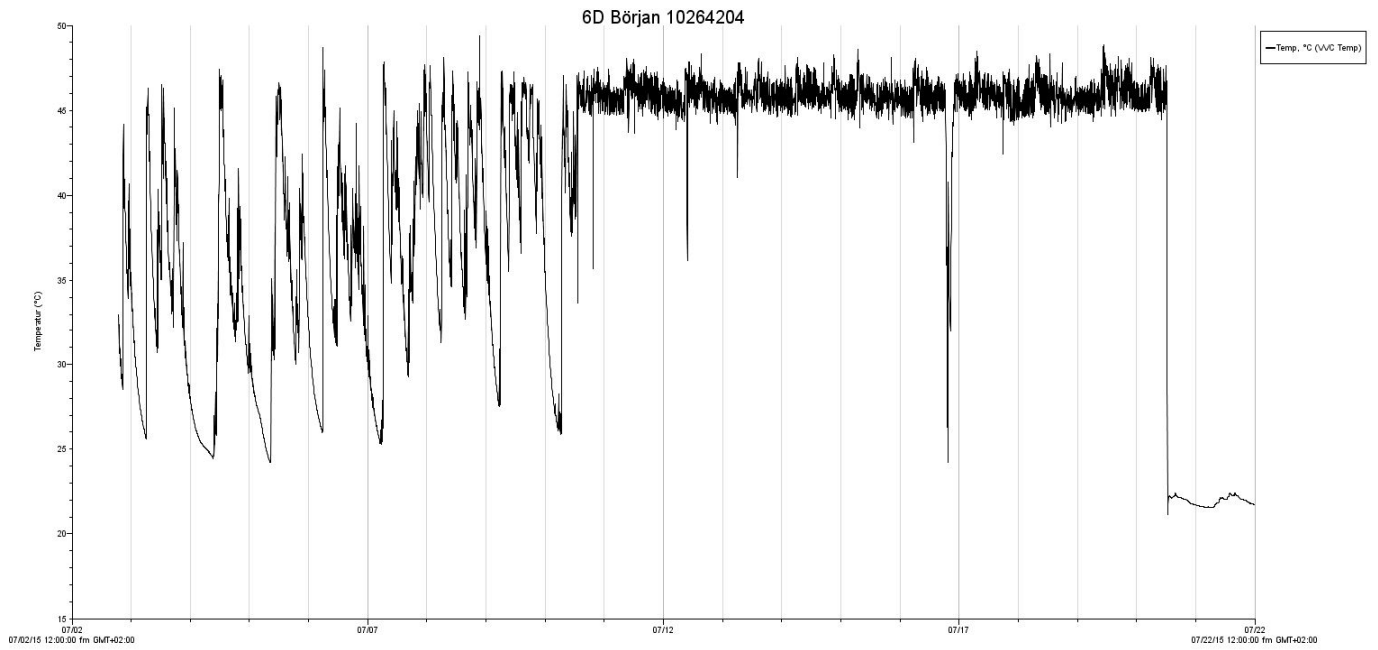
I Undercentralen 8D uppmättes det första dygnet temperaturer på över 75°C vilket bedöms som orimliga mätvärden. Temperaturen sjönk sedan och varierade under dygnet mellan 24,5 till 46,3°C. Den 16 juli 2015 uppmättes vid tio mättillfällen en temperatur på -60°C på kvällen under en cirka timme. Anledningen till detta var oklart och dessa värden har tagits bort ur dataserien då det uppenbarligen beror på något fel i loggern. Figur 3 visar temperaturen i VVC-slingan i mätpunkt 6A under Mätperiod 1. Under varje dygn förekommer en, två eller i vissa fall flera "peakar" i temperaturen. Temperaturen var mellan 16,6 och 39,4 °C. Figur 4 visar temperaturen under Mätperiod 1 i punkt 6B där kulverten kommer in i källaren. Under Mätperiod 1 varierade temperaturen mellan 16,2 till 41,2°C. Mellan den 2 juli och 10 juli varierade temperaturen i VVC-slingan i undercentralen på gård 6 mellan ca 23°C och ca 49°C för att sedan lägga sig runt 45°C mellan den 11 till 21 juli 2015, se figur 5. Figur 6 redovisar temperaturen i VVC-slingan där denna vänder i källaren under trapphus 8A varierar mellan 20,5 till 43,6 °C under Mätperiod 1. Temperaturen i VVC-slingan i mätpunkt 8B varierade mellan ca 25 till 45,5°C under Mätperiod 1. Figur 8 visar temperaturen att temperaturen varje dygn varierade mellan ca 33 till 45°C i undercentralen på gård 8. I figuren ses temperaturdippen den 16 juli som av oklar uppmätte temperaturer på ca -60°C under cirka en timme vid 22:00 tiden.



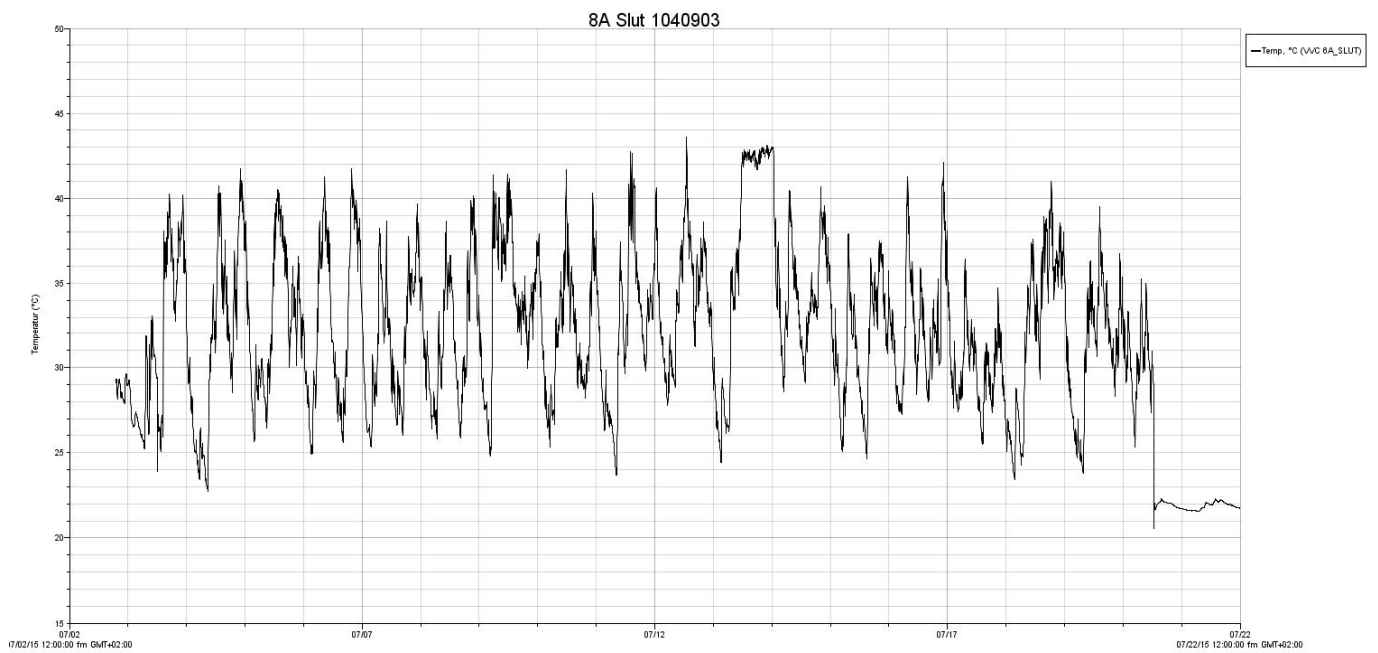
Figur 3 Temperatur i VVC-slinga i källaren i 6A under Mätperiod 1



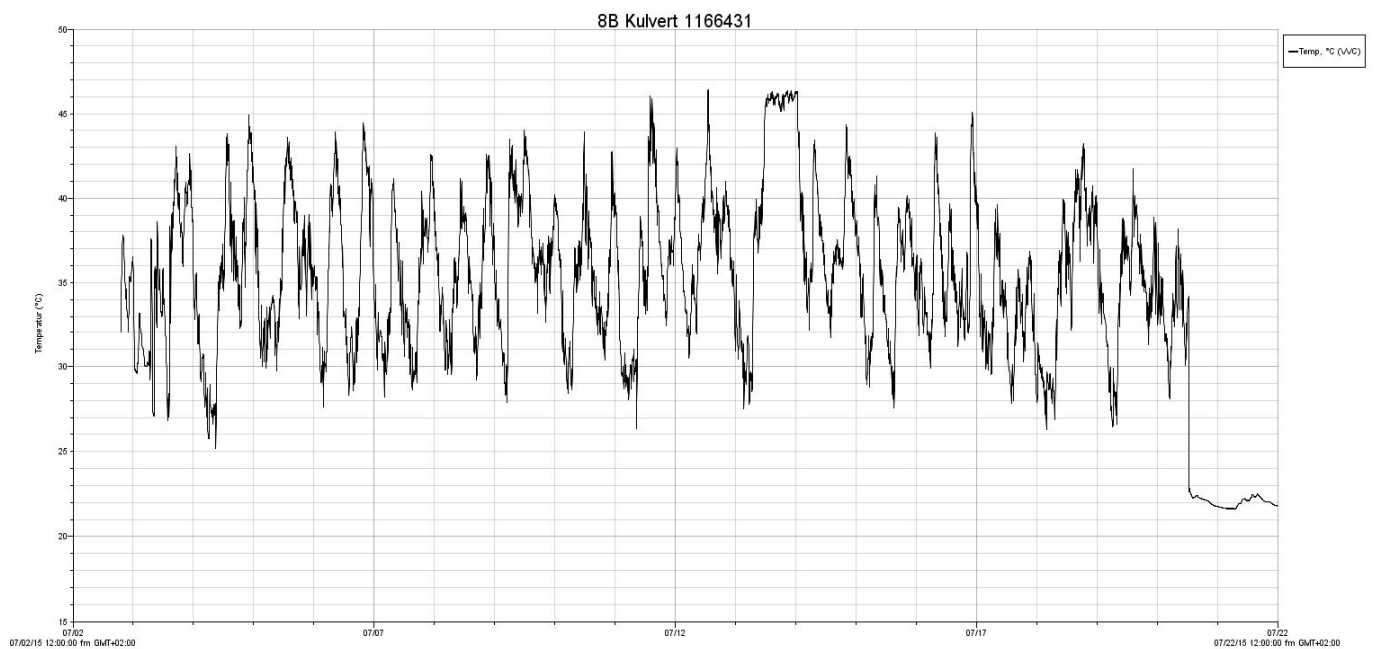
Figur 4 Temperatur i VVC-slinga i källaren i 6B under Mätperiod 1



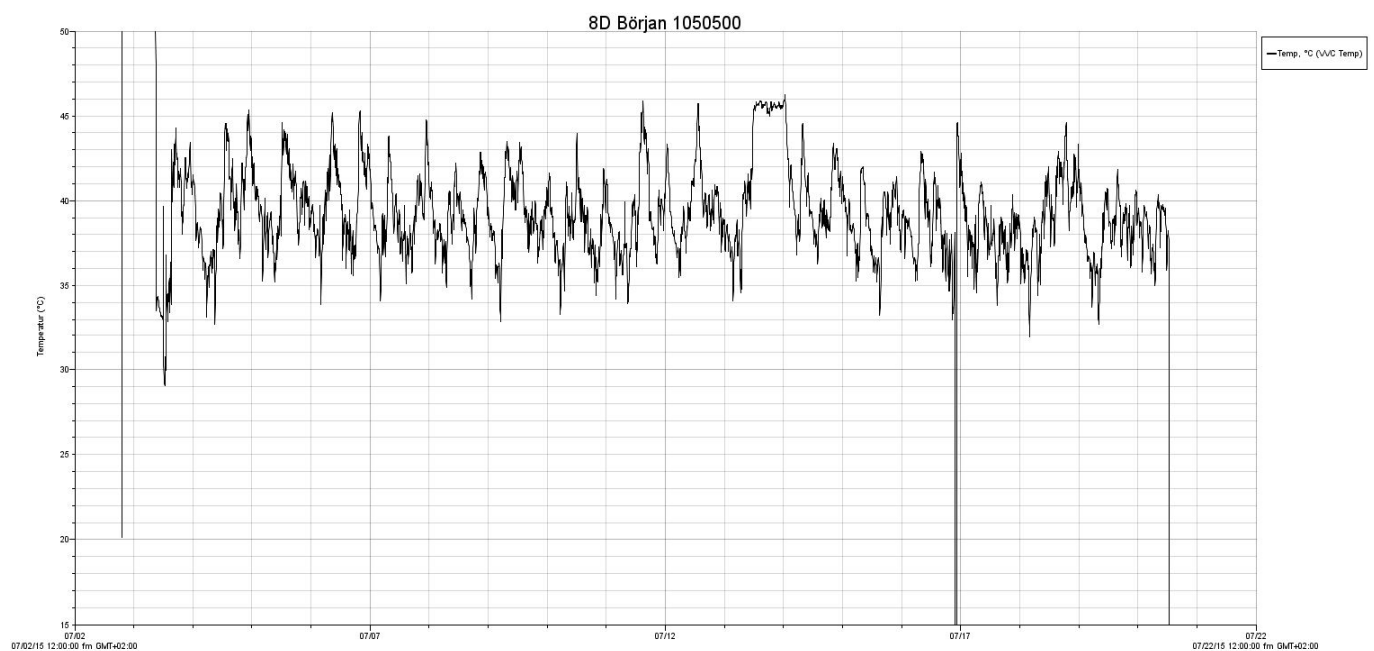
Figur 5 Temperatur i VVC-slinga i undercentralen på gård 6 under Mätperiod 1



Figur 6 Temperatur i VVC-slinga i mätpunkt 8A.



Figur 7 Temperatur i VVC-slinga i mätpunkt 8B



Figur 8 Temperatur i VVC-slinga i mätpunkt 8D

Resultatet av temperaturmätningen under Mätperiod 1 visade att cirkulationen av varmvattnet inte fungerat tillfredställande i systemet då temperaturen varierat under dygnet mellan cirka 16 till 45°C. Det var endast i undercentralen på gård 6 under senare hälften av mätperioden, från den 11 till den 21 juli, som mätresultaten visar på att det fanns cirkulation av varmvattnet då det kontinuerligt haft en temperatur runt 45°C.

På grund av problemen med cirkulationen undersöktes systemet efter Mätperiod 1 och det framkom då att huvudkranarna fastnat i stängt läge efter demonteringen av provbitar för analyser redovisade i tidigare kapitel. Detta gjorde att framledningen av varmvatten skedde genom VVC-slingan i husen. Huvudkranarna byttes ut och nya temperaturmätningar kunde genomföras.



Under Mätperiod 2, för att få en bättre bild av systemet, loggades förutom VVC:n även VV-matningen till lägenheterna på alla tre mätplatserna. Detta ger underlag för att se hur VVC:n fungerar i relation till varmvattenuttag och olika tider under dygnet. Resultatet för varmvattenledningarna i hus 6 och 8 D-A presenteras i tabell 21 nedan.

När mätutrustningen monterades ner efter Mätperiod 2 framkom att mätsensorerna på VV-matningen i undercentralen i hus 6D och på inkommande kulvert i hus 6B hade lossnat redan efter ett dygn varvid mätdata endast finns för detta dygn. Under det dygnet var varmvattentemperaturen under 50°C 0,1 procent av tiden i Undercentralen och 99 procent av tiden under 50°C på inkommande kulvert i källaren under trappuppgång i 6B. I källaren vid 6A var varmvattnets temperatur under 50°C hela tiden. Temperaturen på varmvattencirkulationen på slingan 6D-A var under 50°C hela mätperioden.

När det gäller varmvattenledningen för hus 8D-A understeg temperaturen 50°C fyra procent av tiden i undercentralen och 99 procent av tiden på inkommande kulvert i källaren på 8B och vid slutet på matningsledningen upp till sista lägenheterna på slingan. Varmvattencirkulationen på slingan 8D-A var under 50°C hela mätperioden. På varmvattenledningen och varmvattenslingan i hus 8D-A var temperaturen även under 30°C under mätperioden. Temperaturen i undercentralen understeg aldrig 30 grader Celsius varken för varmvattenledningen eller varmvattencirkulationen. Vid loggningen av temperaturerna för hela mätperioden understeg varmvattenmatningen 30°C under fyra procent av tiden på inkommande kulvert i källaren på 8B och under 15 procent av tiden i slutet av matningen. Mätning av varmvattencirkulationen visade att temperaturen understeg 30°C 16 procent av tiden vid inkommande kulvert och 31 procent av tiden vid slingans slut. Diagram över temperaturmätningarna på mätplatserna finns med som bilaga 1-7.

Tabell 21 Uppmätta temperaturer på VV- och VVC-ledning i hus 6 och 8 D-A under Mätperiod 2

Mätplats	Ledning	Temp (C°)	Dygn	Kommentar	Kommentar
<b>Slinga 6D-A</b>					
UC6D	VV	Max Min Medel Differens	53,6 46,5 50,8 7,1	0,8% av tiden var temperaturen under 50°C.	VV endast ett dygn
	VVC	Max Min Medel Differens	47,9 46,5 47,1 1,3	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	VVC endast ett dygn
	VVC	Max Min Medel Differens	48,3 45,3 47,0 3,0	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	
IK6B	VV	Max Min Medel Differens	50,5 46,0 48,2 4,4	99% av tiden var temperaturen under 50°C.	VV endast ett dygn
	VVC	Max Min Medel Differens	49,5 43,4 48,2 6,0	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	VVC endast ett dygn
	VVC	Max Min Medel Differens	49,7 43,4 48,0 6,3	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	
SVV6A	VV	Max Min Medel Differens	53,6 45,8 47,8 7,8	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	
	VVC	Max Min Medel Differens	44,7 29,2 42,5 15,5	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	0,2% av tiden var temperaturen under 30°C.
<b>Slinga 8D-A</b>					
UC8D	VV	Max Min Medel Differens	68,0 41,4 56,4 26,6	4% av tiden var temperaturen under 50°C.	
	VVC	Max Min Medel Differens	49,8 32,8 43,5 17,0	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	
IK8B	VV	Max Min Medel Differens	51,7 25,7 40,1 26,0	99% av tiden var temperaturen under 50°C.	4% av tiden var temperaturen under 30°C.
	VVC	Max Min Medel Differens	45,4 23,0 34,1 22,4	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	16% av tiden var temperaturen under 30°C.
SVV8A	VV	Max Min Medel Differens	52,0 22,0 36,2 30,0	15% av tiden var temperaturen under 30°C.	15% av tiden var temperaturen under 30°C.
	VVC	Max Min Medel Differens	45,9 21,0 32,7 24,9	100% av tiden var temperaturen under 50°C.	31% av tiden var temperaturen under 30°C.



## 7. Mögelprover och bakterieprover från badrumsyttervägg

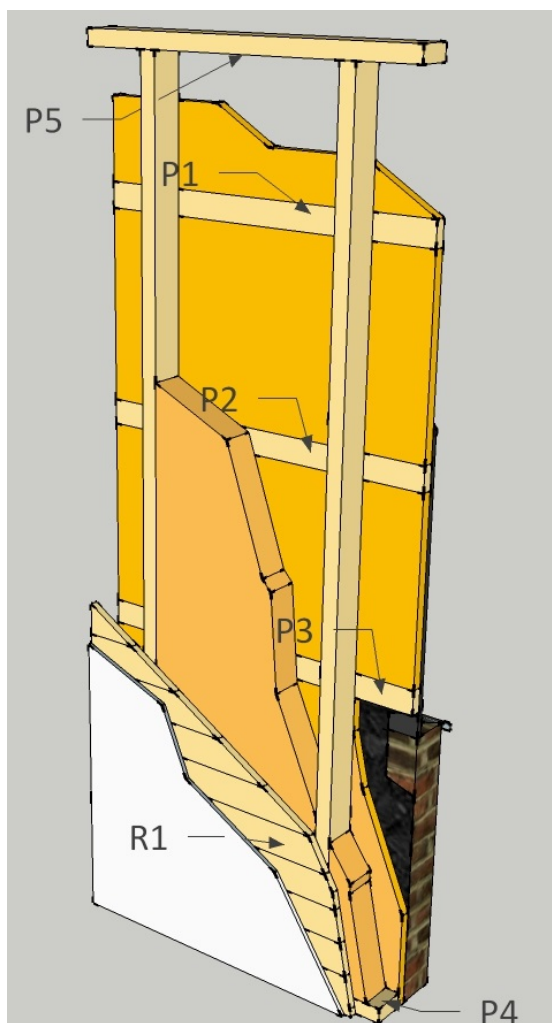
Badrumsytterväggar har undersökts och provtagning för mögelanalys har genomförts. Detta är gjort i badrumsytterväggar i tvåvåningshusens övervåningar vilka hade träregelstomme. För bedömning användes mögelmodellen av Johansson (2012). Vissa badrum utvecklar efter en tids användning en lukt som kan betecknas som unken. Denna lukt kan uppstå trots att det inte finns något fel på badrummet. Lukten kan beskrivas som mikrobiell alternativt bakteriell. Det gjordes tester av hypotesen att det vatten som sugas in fogen mellan kakelplattorna till sättbruket mellan fuktspärr och baksidan på kakelplattorna gör det möjligt för mikroorganismer att växa i denna specifika miljö och att en mikrobiologisk förekomst skulle kunna vara orsak till den unkna lukten.

### 7.1 Metod

För att kontrollera ytterväggarnas status i badrummen skars ett regelfack upp i varje badrumsyttervägg där ett antal prover för mögel togs från råspont och stomme. Provbitarna packades och märktes för respektive lägenhet och provplats och frystes in för vidaretransport till LTH där analysen genomfördes. För att bedöma förekomsten av mögel användes en femgradig skala (Johansson, 2012). Skalan presenteras nedan:

- 0 Ingen mögeltillväxt.
- 1 Begynnande tillväxt; en eller några få hyfer och inga konidioforer.
- 2 Gles, men klart etablerad, tillväxt; konidioforer börjar bildas.
- 3 Fläckvis, massiv tillväxt med många välutvecklade konidioforer.
- 4 Mycket tillväxt över mer eller mindre hela ytan.

För att kontrollera provmängden användes ett provschema med ett tiotal prover för varje lägenhet. Proven benämndes R för råspont och P för prov på spikläkten inuti väggen (se figur 9).



Figur 9 Provplatser för mögel i yttervägg

Provbitarna från råsponten var ungefär 10 centimeter i kvadrat och provbitarna från spikläkten var ungefär 2 x 10 centimeter.

Vad gäller förekomsten av bakterier och mögelsvampar i keramiska vägg- och golvkonstruktioner togs prover från badrummens våtzon 1, där vägg och golv regelbundet tillförts vatten genom duschning. Utöver prover från våtzon 1 togs referensprover från våtzon 2, från ytor som bedömdes aldrig eller mycket sällan varit utsatta för fritt vatten. Dessa prover togs från baksidan av kakel- eller klinkerplatta, vilket betyder att sättbruk och tätskikt studerades.

## 7.2 Resultat

Totalt undersöktes 10 lägenheter där nio av dessa har analyserade prover. Alla de undersökta väggfacken visade mögel av olika grad men generellt var det synlig påväxt på all råspont i väggarna (se figur 9). Resultaten presenteras i diagrammen nedan för varje lägenhet. Det togs prover från både råspont och regelstomme i alla undersökta badrumsyttreväggar.



Bild 156 Mögelskada râspont

Regelväggen var uppbyggd, inifrån och ut, med:

- **Över bröstning**
  - Gipskiva
  - Râspont
  - 95 mm isolering av glasull i 95 mm regelfack
  - 30 mm liggande isolering i 30 x 70 mm spikläktsfack
  - Asfaltsbaserad mjuk skiva
  - Lockpanel utan ventilerande skikt.
- **Under bröstning**
  - Gipsskiva
  - Râspont
  - 95 mm isolering av glasull i 95 mm regelfack
  - 30 mm liggande isolering i 30 x 70 mm spikläktsfack.
  - Tjärpapp
  - Fasadtegel utan ventilationsspalt

I diagram 1 till 9 visas resultaten från analysen. I diagram 1 framgår att det finns väletablerad mögeltillväxt på flertalet av proverna. Alla prover från râsponten är graderade 4. Även syll och hammarband har gradering 4 medan P2 har grad 2 och P3 har grad 3. I diagram 2 har båda proverna

från råsponten grad 4 och så även de två mittersta spikläkten. Proven från råsponten i diagram 3 hade båda grad 4 vilket även de två översta spikläkten hade. Alla provbitarna från råsponten i diagram 4 hade mycket tillväxt över hela ytorna. Hammarbandet samt nedersta spikläktet hade gles men etablerad påväxt. Provbitarna från de två mittersta spikläkten hade mycket tillväxt över hela ytorna. Väggen som redovisas i diagram 5 hade mycket tillväxt över hela ytorna på alla råspontsproven samt på proverna från hammarbandet och andra spikläktet uppifrån. I väggen som redovisas i diagram 6 hade alla prover från råsponten samt hammarbandet mycket tillväxt över hela ytorna. De två understa spikläkten hade grad 3 vilket är fläckvis med mycket tillväxt över ytan. Översta spikläktet och syllen hade gles men klart etablerad tillväxt. Mittersta och understa spikläktet hade fläckvis men väletablerad påväxt. Diagram 7 visar att alla råspontsprover samt översta och understa spikläktet hade mycket mögelpåväxt över hela provytorna medan näst översta spikläktet och syllen hade gles men klart etablerad påväxt. I väggen som redovisas i diagram 8 hade alla provbitarna från råsponten samt från det översta spikläktet mycket påväxt över hela ytorna medan de två understa spikläkten och syll hade fläckvis med mycket påväxt på provbitarna. I diagram 9 framgår att alla råspontsproven, understa spikläktet samt hammarbandet hade mycket påväxt över hela ytorna. De två översta spikläkten hade gles men klart etablerad påväxt. Syllen hade fläckvis med mycket påväxt.

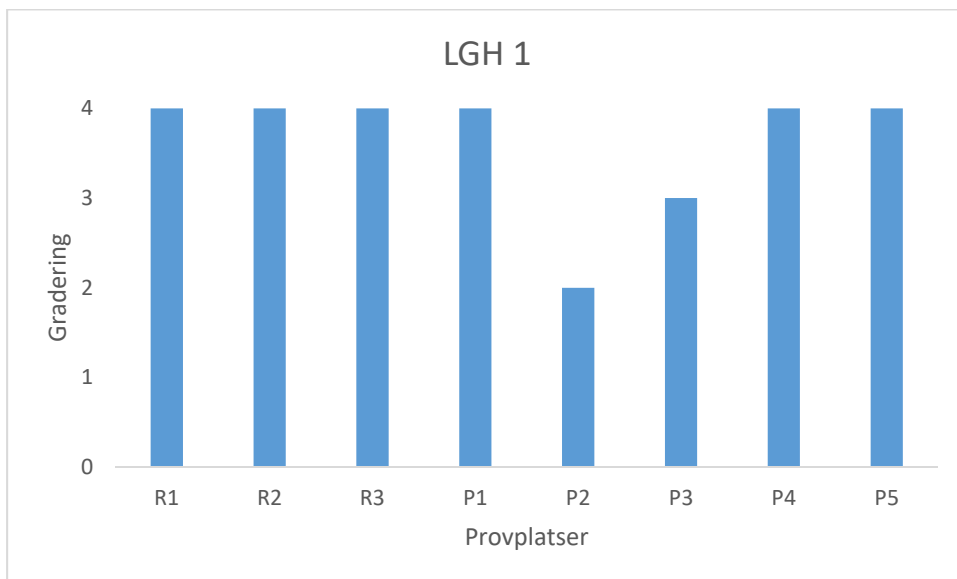


Diagram 1 Mögelprover från lägenhet 1

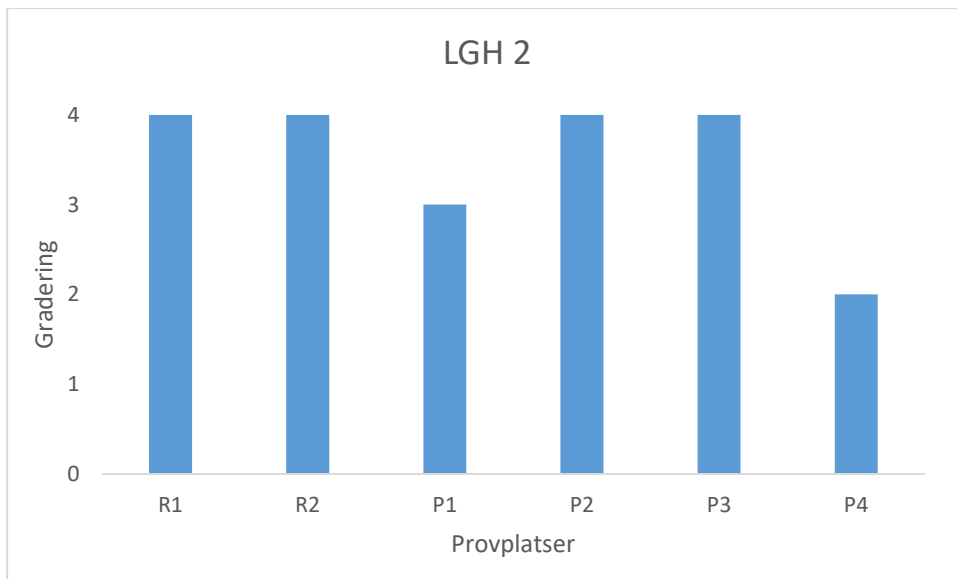


Diagram 2 Mögelprover från lägenhet 2

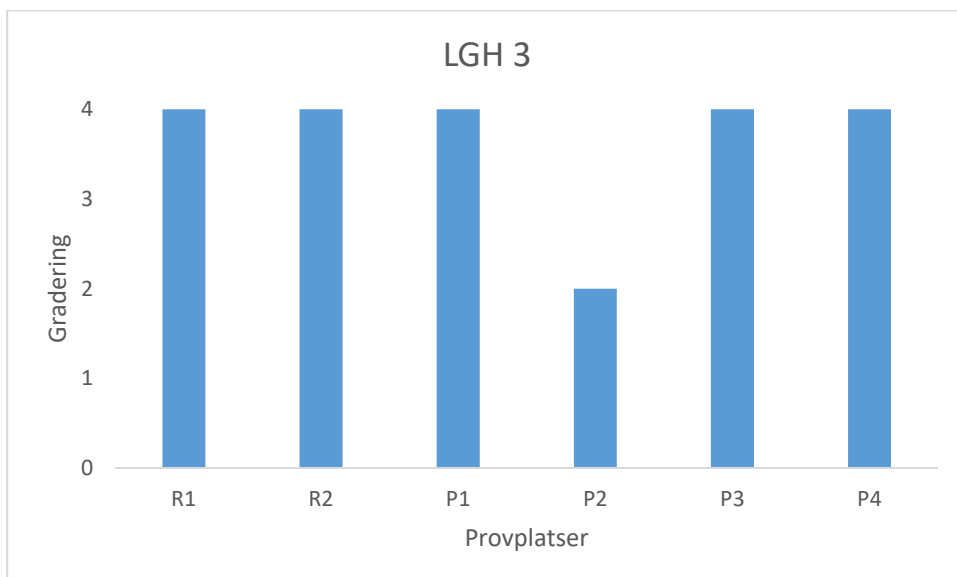


Diagram 3 Mögelprover från lägenhet 3



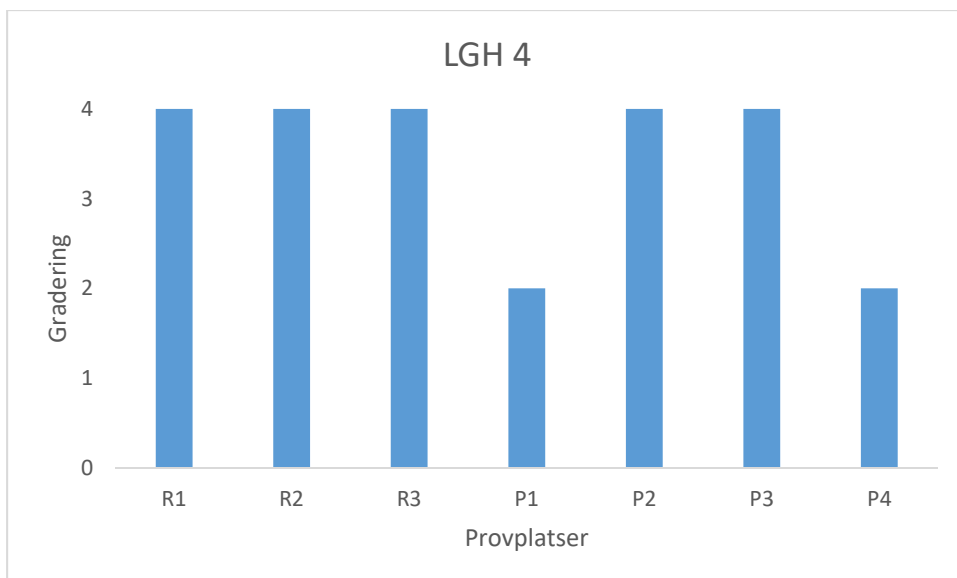


Diagram 4 Mögelprover från lägenhet 4

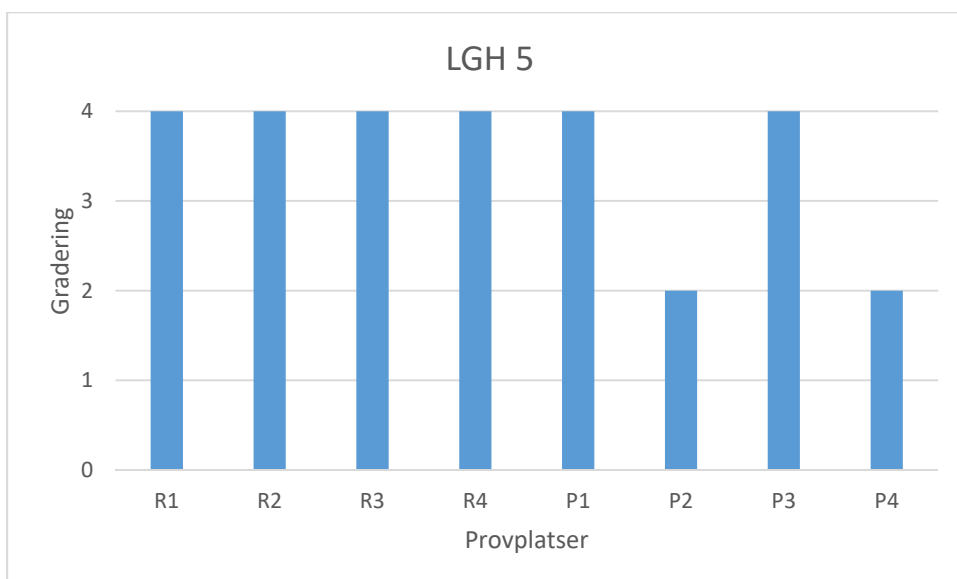


Diagram 5 Mögelprover från lägenhet 5

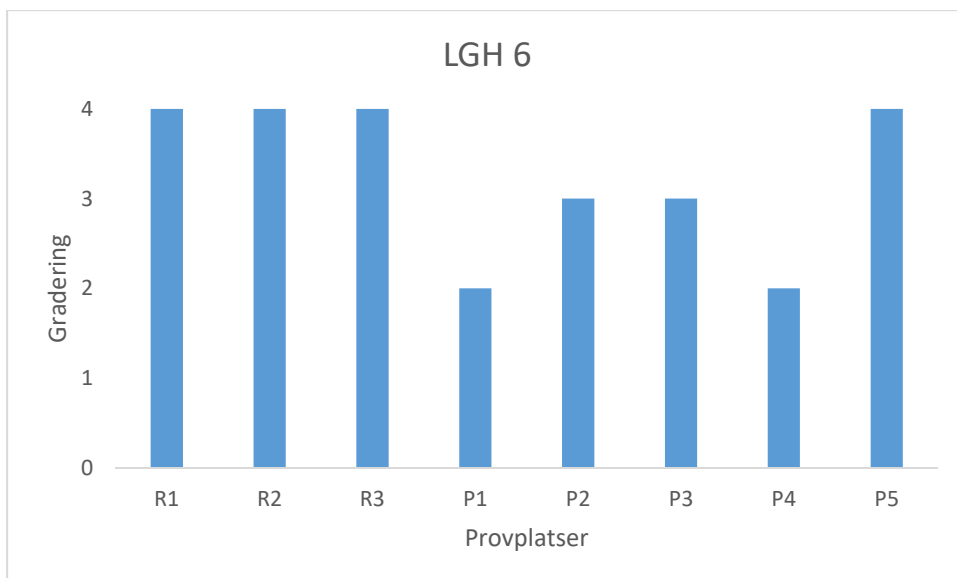


Diagram 6 Mögelprover från lägenhet 6

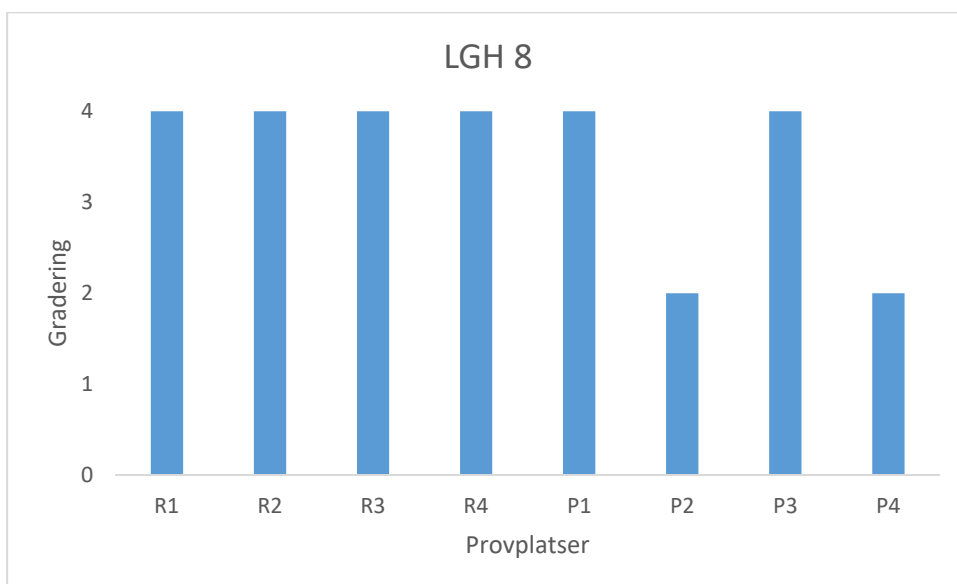


Diagram 7 Mögelprover från lägenhet 8

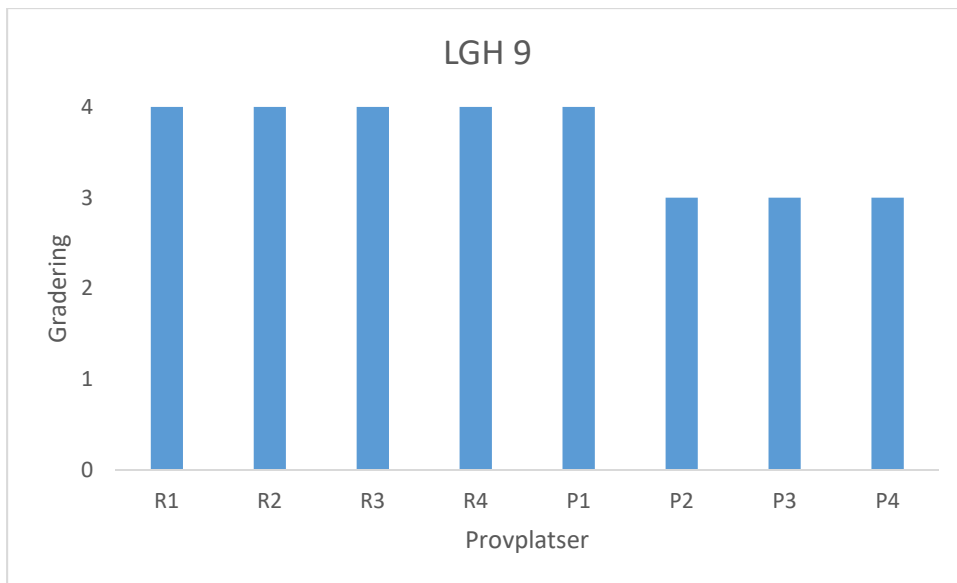


Diagram 8 Mögelprover från lägenhet 9

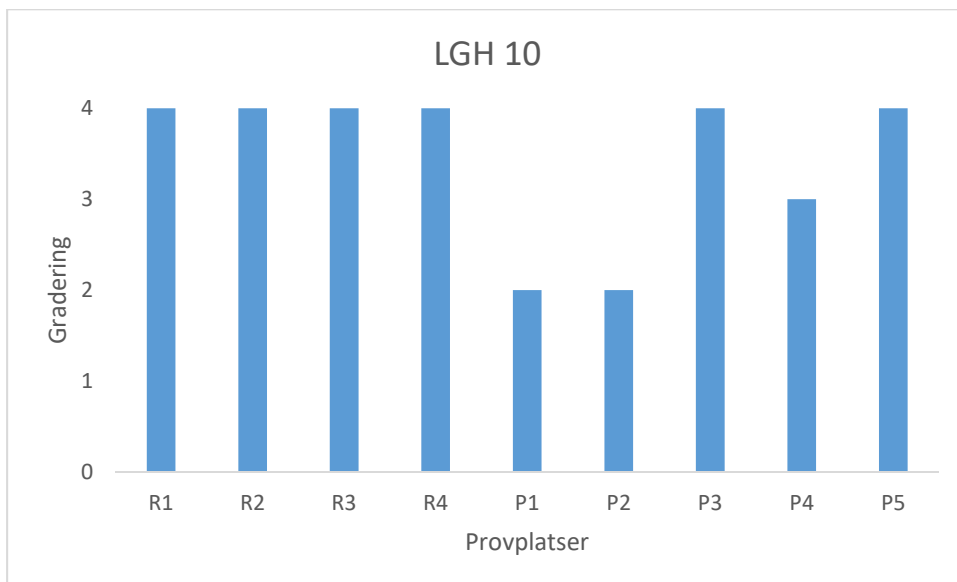


Diagram 9 Mögelprover från lägenhet 10

För samtliga badrumsytterväggar visade resultaten att alla proven tagna på råsponten hade mycket påväxt över hela ytorna. Även flertalet av spikläkten hade mycket påväxt över hela eller fläckvis över ytorna. Mikroorganismer konstaterades i 69 % av proverna (9 av 13) som varit utsatta för vatten, medan sådan påväxt saknades i referensproverna. Resultaten visar att mikroorganismer kan etablera en påväxt bakom kakelplattor i badrum när denna specifika konstruktionsdel tillförs fukt i samband med användning av fritt vatten i badrummet. Lukterna var svåra att specificera.

Huruvida den identifierade förekomsten av mögel har påverkat de boende är oklart då det endast har inkommit enkätsvar från en av de undersökta lägenheterna. Enligt enkätsvaret från lägenheten avseende mögellukt och besvär av detta var det ingen i hushållet som känt någon mögellukt eller på andra sätt besvärats.

## 8. Fuktmätning i våtrumsvytterväg

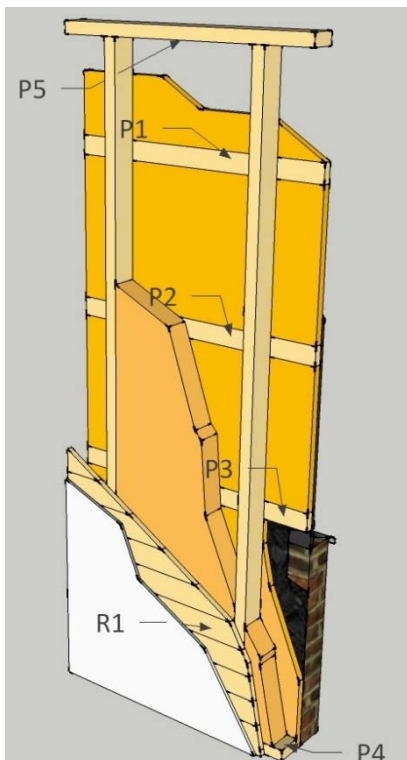
I ett våtrum är det av naturliga skäl stor fuktbelastning och det behövs täta ytmaterial för att inte fukt ska komma ut i väggen. Fukttransporten ut i väggen kan ske på olika sätt och förutom läckage är det processer som diffusion som måste förhindras för att inte för höga fukthalter ska förekomma i ytterväggar. Då kraven på fuktspärr i våtrum skiftat under årens lopp är det intressant att kontrollera statusen i dessa väggar som är byggda 1967 enligt den standard som rådde då.

### 8.1 Metod

För att kunna kontrollera fuktförekomsten i väggarna demonterades skikt för skikt samtidigt som mätning utfördes med en Protimeter Timbermaster (se bild 157 nedan). Mätningarna gjordes på ett i förväg utvalda mätpunkter. Mätplatserna var placerade på hammarband och syll samt de tre spiklänken som fanns i väggen. Mätplatserna var desamma som provplatserna (se figur 10 nedan) i föregående kapitel för att kontrollera om provplatsen var utsatt för fukt vid provtagningen. I bild 157 ses fuktkvotsmätare protimeter Timbermaster vid provmätning.



Bild 157 Protimeter Timbermaster



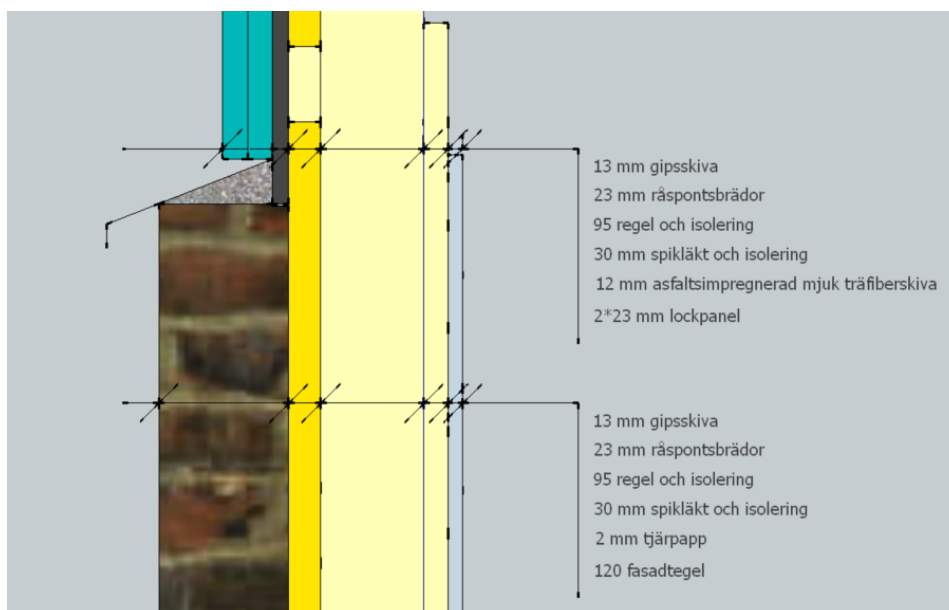
Figur 10 Mät- och provplatser vid fuktmätning samt provtagning av mögelprover.

## 8.2 Resultat

Demonteringen av ytterväggen visade att den var uppbyggd som en 95 millimeters regelvägg klädd med råspont och gips på insidan (se bild 158 nedan). Utåt sett var 30 millimeter tjocka spikläkt monterade och på den en asfaltsimpregnerad 12 millimeters mjuk skiva. Ytterväggen bedöms vara uppbyggd enligt standard för tiden. I figur 11 ses väggen i genomskärning med mått. I tabell 28 visas resultaten av fuktmätningen. Värdena varierar från 8,7 till 14,9 procent fuktkvot men är alla under 18 procent som är gränsen för inbyggnad. Vid demontering av väggen visade det sig att det fanns både nedsmutsning på grund av otätheter i klimatskalet och mikrobiell påväxt på grund av för hög fukthalt. Bild 159-206 redovisar exempel från respektive badrumsyttervägg.



Bild 158 Foto av ytterväggens konstruktion



Figur 11 Genomskärning av yttervägg

Tabell 28 Mätresultat fuktmätning i yttervägg

Lägenhet	Mätpunkter				
	Övre spikläkt	Mellersta spikregel	Undre spikläkt	Syll	Hammarband
	P1	P2	P3	P4	P5
2EE3	ej utslag	8,8	8,7	ej utslag	ej utslag
2EE4	11,3	9,6	12,3	ej utslag	ej utslag
2FF3	ej utslag	ej utslag	11,6	ej utslag	ej utslag
2FF4	ej utslag	10,4	12	ej utslag	ej utslag
4EE3	9,9	10,6	12,9	ej utslag	ej utslag
4EE4	9,8	11	10,9	ej utslag	ej utslag
4FF3	11	11	14,6	11,5	ej utslag
4FF4	10,8	12	14,9	ej utslag	ej utslag
4GG3	10,8	11	11,4	ej utslag	ej utslag
4GG4	ej utslag	ej utslag	ej utslag	ej utslag	ej utslag

### Lägenhet 2EE3

Bilderna nedan visar mätplats 2, utskurna råspontsbrädor med mikrobiell påväxt, uppskuret fack i yttervägg, mätplats 4 och mätplats 1.

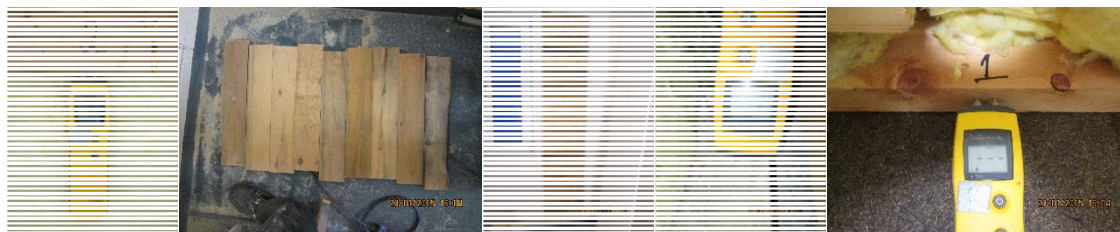


Bild 159-163 Lägenhet 2EE3

### Lägenhet 2EE4

Bilderna visar uppskuret fack i yttervägg, rollat gummiskikt, våtrum samt mätplats 3.



Bild 164-167 Lägenhet 2EE4

### Lägenhet 2FF3

Bilderna visar mätställe P3, smutsig isolering på grund av luftläckage, uppskuret fack samt asfaltsimpregnerad träfiberskiva i övre hörn av facket.

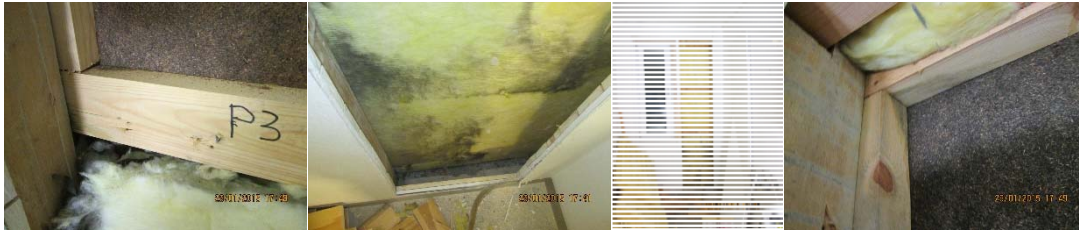


Bild 168-171 Lägenhet 2FF3

### Lägenhet 2FF4

Bilderna visar mätplats P1 och P2, uppskuret fack där smutsränder från luftläckage syns på isolering samt smuts efter luftläckage på yttre isolering.



Bild 172-175 Lägenhet 2FF4

### Lägenhet 4EE3

Bilderna visar uppskuret fack, aluminumfolierad baksida på gipsskiva, nedsmutsning på grund av luftläckage och mikrobiell påväxt på råspontsbräda samt mätplats 4 vilket var syllen.



Bild 176-180 Lägenhet 4EE4

### Lägenhet 4EE4

Bilderna visar uppskuret regelfack, råspontsbrädor samt mätplats 2-4.



Bild 181-185 Lägenhet 4EE4

### Lägenhet 4FF3

Bilderna visar uppskuret fack, tjärpapp direkt mot tegel bakom yttre pappersklädd isoleringsskiva, borttagen yttre isoleringsskiva och bakomliggande tjärpapp samt luftläckage mellan fasadtegel och krönplåt.



Bild 186- 190 Lägenhet 4FF4

### Lägenhet 4FF4

Bilderna visar uppskuret fack, påväxt på råspontsbräda samt mätplats 1-4.



Bild 191-196 lägenhet 4FF4

### Lägenhet 4GG3

Bilderna visar mikrobiell påväxt på råspontsbräda, uppskuret regelfack med och utan isolering och tjärpapp, tjärpapp mot fasadtegel samt fasadtegelväggen med utfällningar.

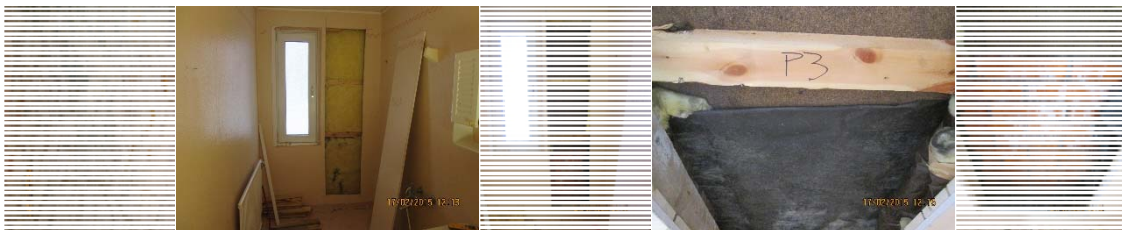


Bild 197-201 lägenhet 4GG3

### Lägenhet 4GG4

Bilderna visar keramisk beklädnad, renoveringsgips på den målade originalväven, bakteriell påväxt på råspontsbräda, förstärkningsremsa i golv-väggvinkel samt bakteriell påväxt på baksidan av renoveringsgipsen.



Bild 202-206 lägenhet 4GG4





## 9. Temperatur- och rf-mätning i våtrum

För att sätta lägenheterna i studien i ett sammanhang har mätningar gjorts av temperatur och relativ fuktighet i 23 lägenheter. Genom att också ha mätt utomhus kan fukttillskott räknas ut och jämföras med andra studier för att bedöma om lägenheterna i fråga verkar ha varit normalt eller onormalt utsatta för fukt.

### 9.1 Metod

Mätningar har gjorts under 81 dagar när fortfarande en hel del av lägenheterna var bebodda. HOBO UX 100-loggrar har använts för att logga temperatur och relativ fuktighet var 5: minut i lägenheterna. Ute har temperatur och relativ fuktighet loggats var 15:e minut med två loggrar som har medelvärdesbildats, placerade i bostadsområdet. Temperaturnoggrannheten anges till 0.2°C och noggrannheten för relativ fuktighet är 2.5% av området 0 till 100%.

### 9.2 Resultat

Diagram 10-12 visar varaktigheten av temperaturer, relativ fuktighet och fukttillskott, som är ånghalten inne minus ånghalten ute. Medelutetemperatur var -6.9°C. Medelvärdet på relativa fuktigheten ute var 93%. Medeltemperaturen inne var 22,6°C. Medelvärdet på relativa fuktigheten inne var 22%. Fukttillskottets medelvärde var 1.58 g/m<sup>3</sup>. Diagram 16 visar varaktigheten för medelvärdet på dessa tre parametrar över lägenheterna. Diagram 13-15 visar parametrarna som funktion av utetemperaturen.

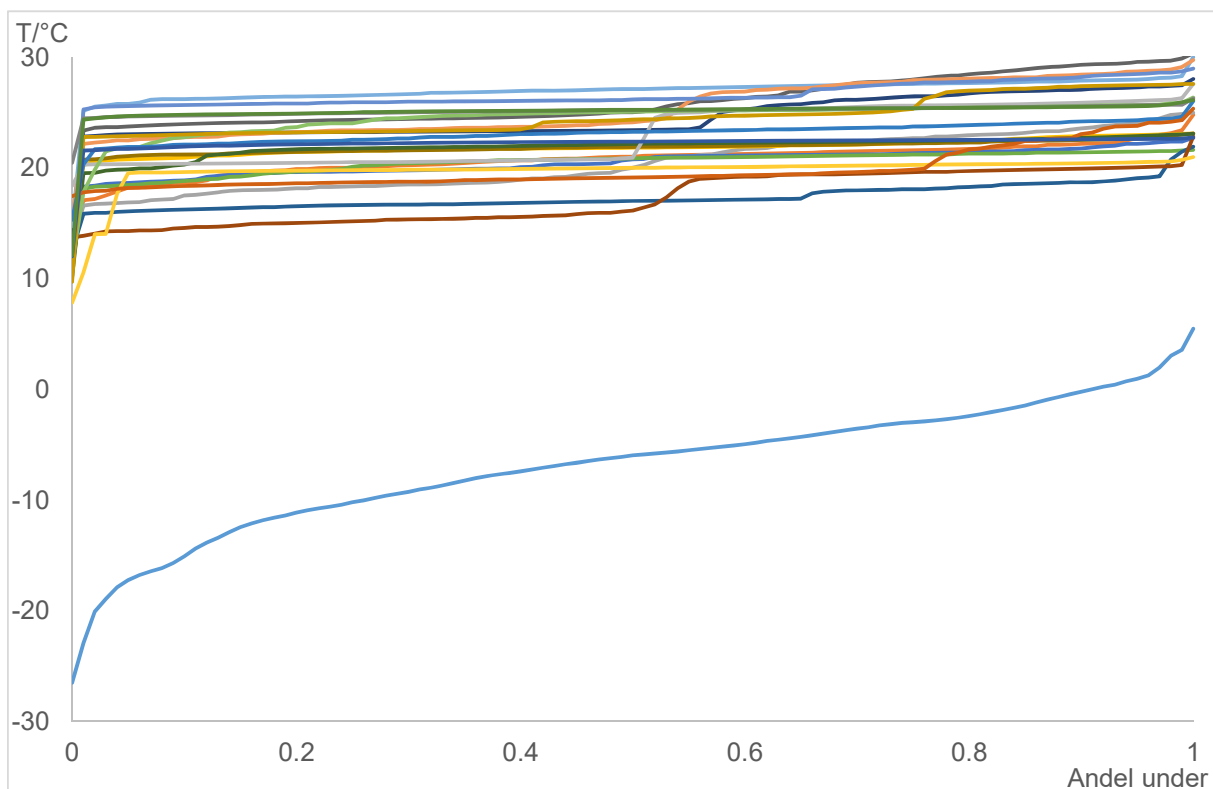


Diagram 10 Loggade temperaturer i de 23 lägenheterna samt, den understa kurvan, ute. Skillnaden mellan lägenheterna är som synes större än skillnaden över tiden.

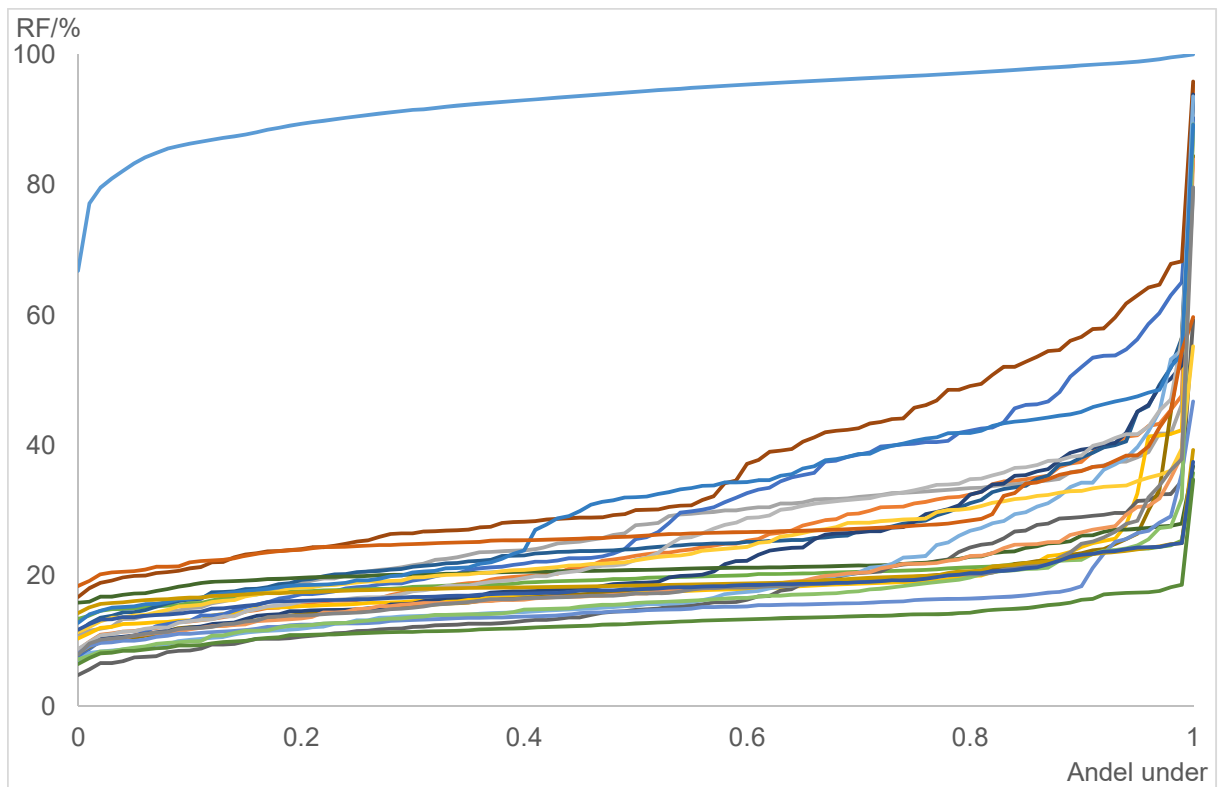


Diagram 11 Loggade relativa fuktigheter i de 23 lägenheterna samt, den översta kurvan, ute. Det är vinter under loggningarna och därmed låga relativa fuktigheter inne.

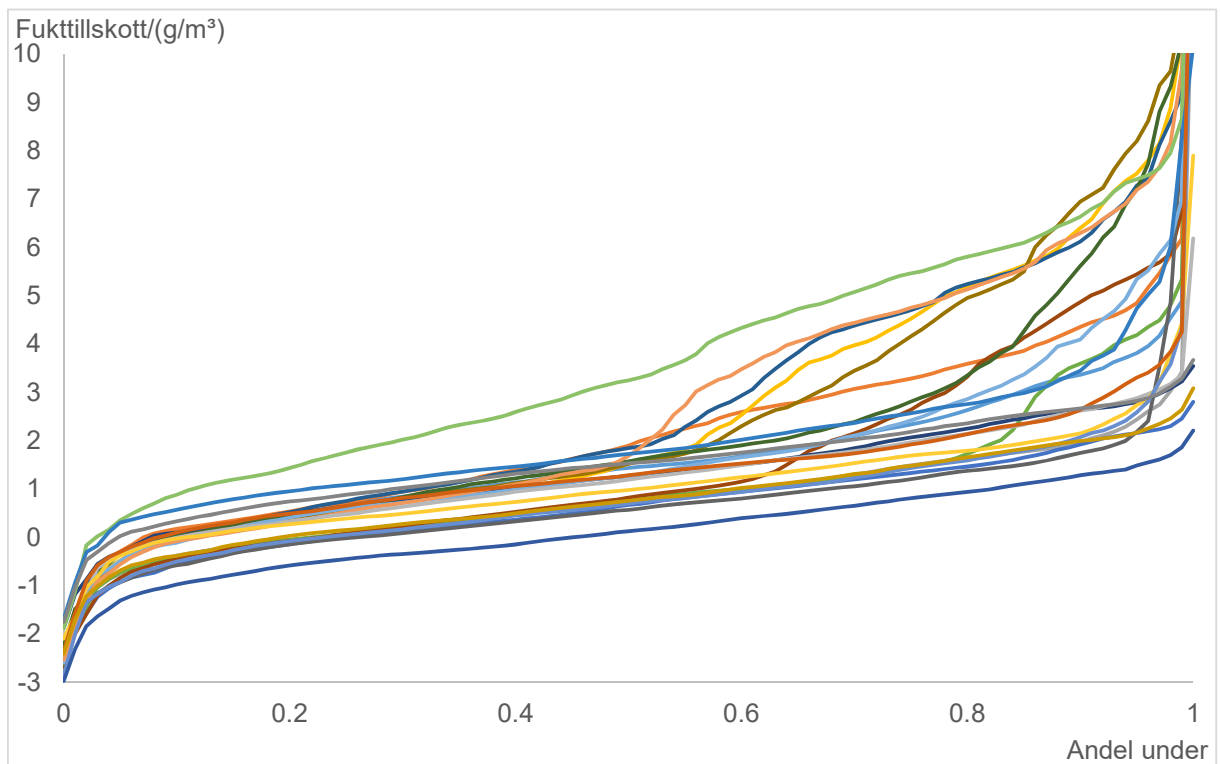


Diagram 12 Beräknade fukttillskott i de 23 lägenheterna.

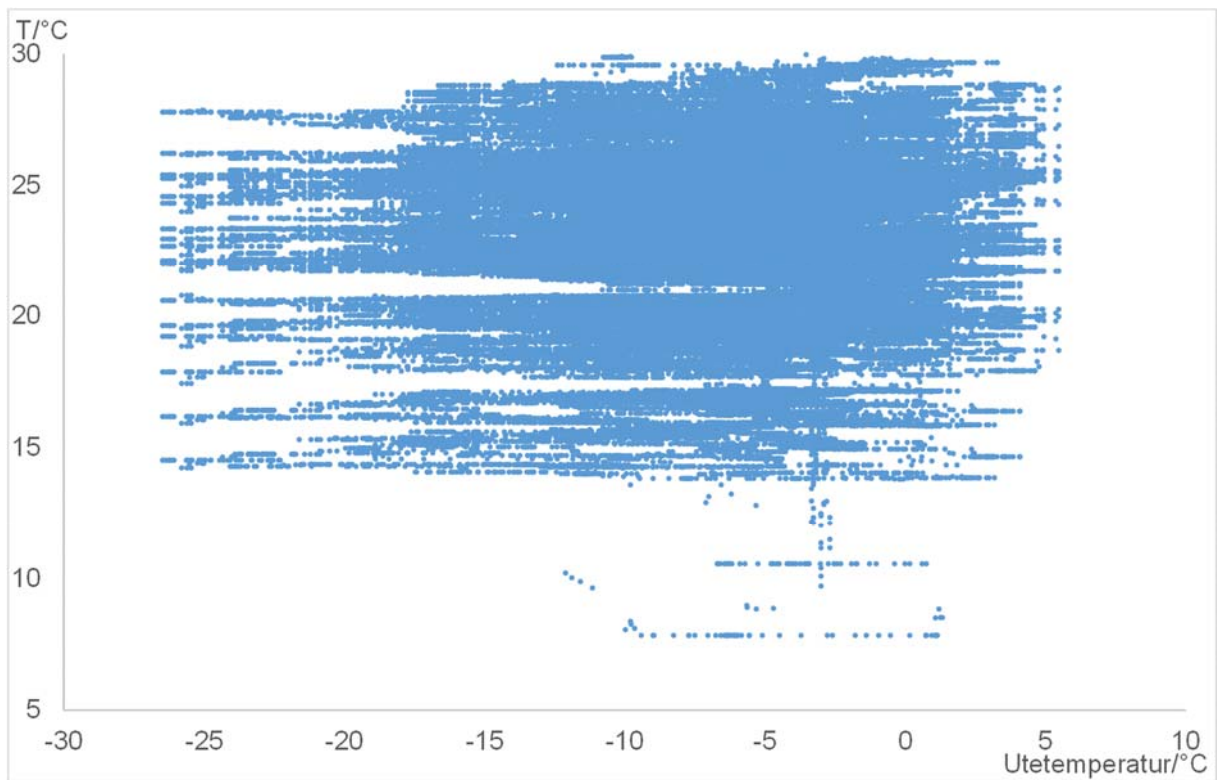


Diagram 13 Loggade temperaturer i de 23 lägenheterna som funktion av uttemperaturen. Temperaturen är ganska konstant oberoende av uttemperaturen.

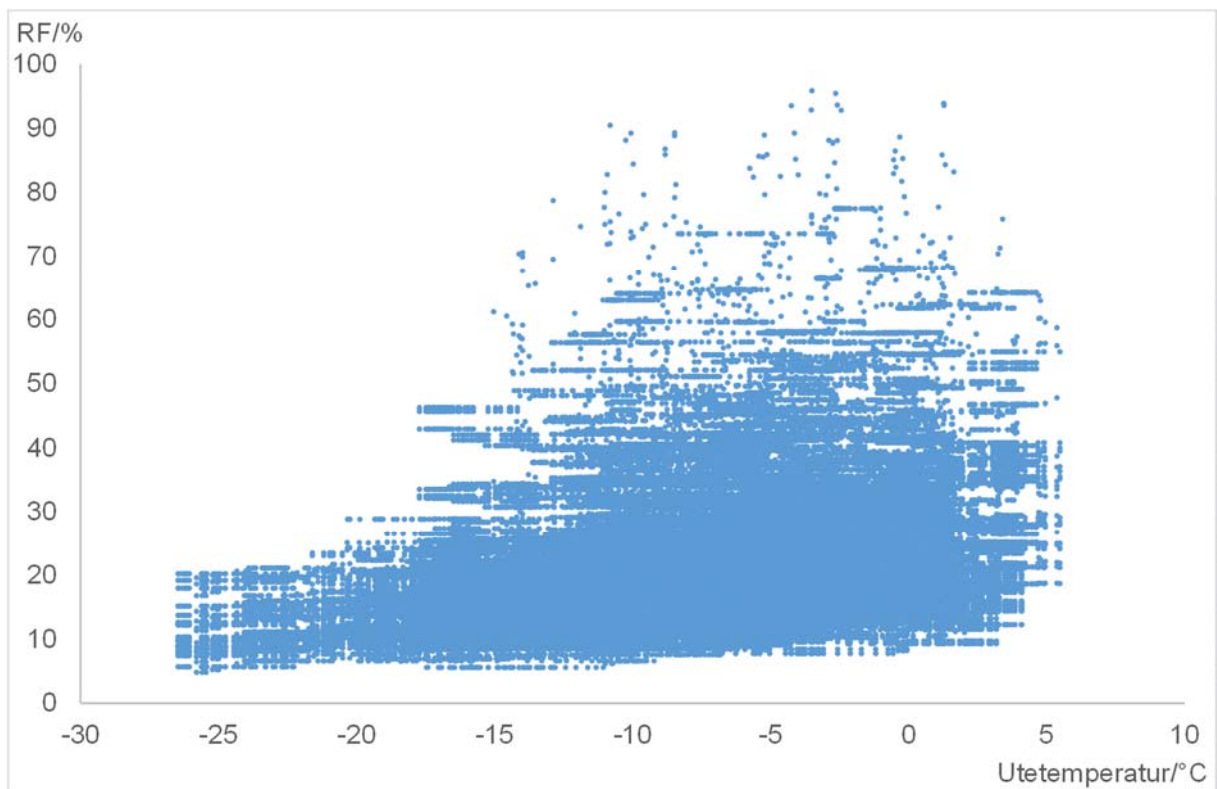


Diagram 14 Loggade relativa fuktigheter i de 23 lägenheterna som funktion av uttemperaturen.

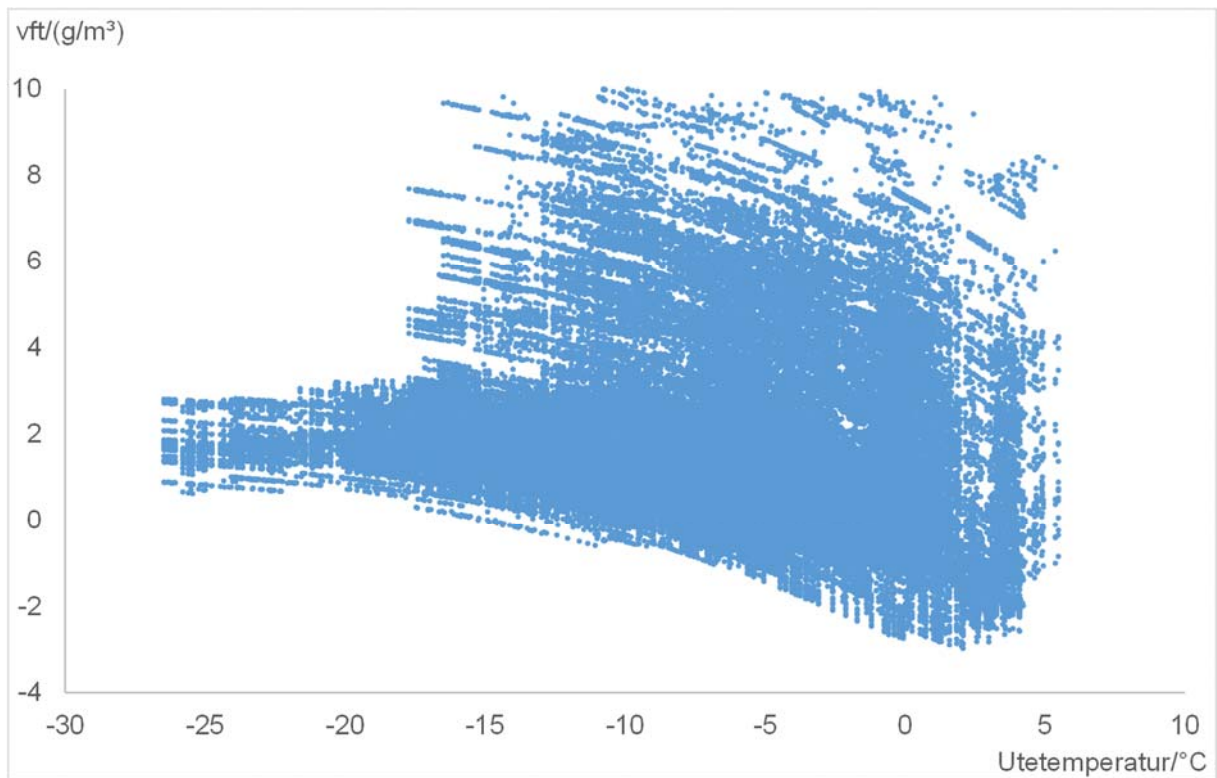


Diagram 15 Fukttillskott i de 23 lägenheterna som funktion av utetemperaturen.

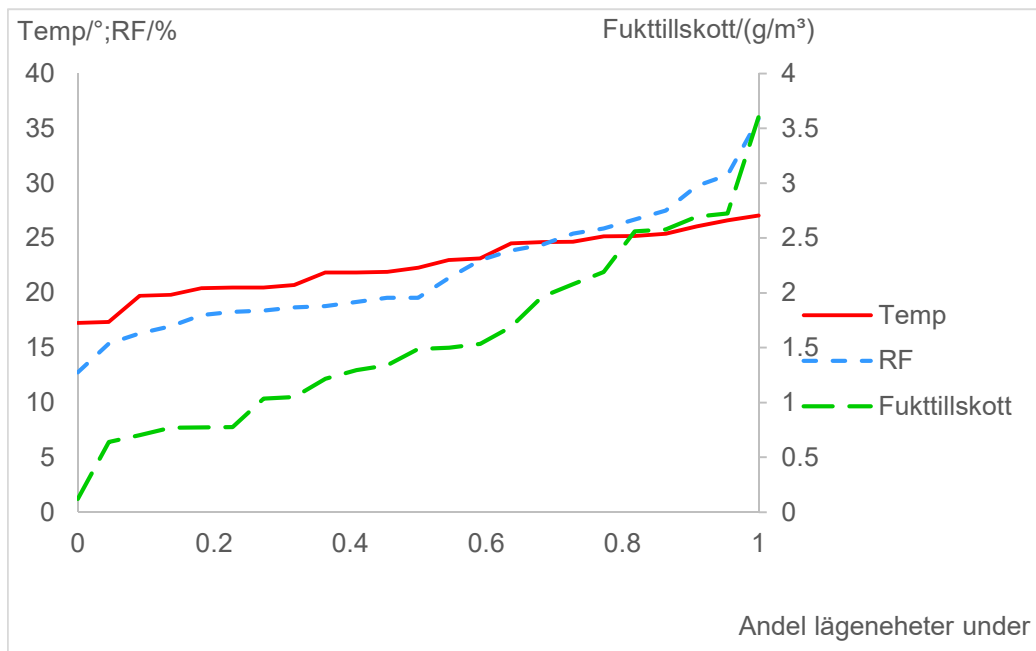


Diagram 16 Medelvärden på parametrarna som varaktigheter för de olika 23 lägenheterna.

### 9.3 Diskussion

Abdul Hamid et al (2015) har visat att det kan bli problem i typiska miljonprogramkonstruktioner om fukttillskottet överstiger  $3 \text{ g/m}^3$ . Det gör det nästan inte i någon lägenhet och ändå blir det problem i träkonstruktioner i ytterväggarna i våtrummen, vilket kan tänkas bero på att våtrummen inte håller måttet.

Bagge et al (2010) och Bagge (2011) har mätt fukttillskott i 349 lägenheter och temperatur i delar av dessa under två år. Medelfukttillskott under uppvärmningssäsongen var  $2,1 \text{ g/m}^3$  medan det i lägenheterna i som mättes i Kiruna var  $1,75 \text{ g/m}^3$ , vilket är något högre än de  $1,58 \text{ g/m}^3$  som mättes nu. Detta kan bero på att några lägenheter troligen har varit tomma. Det rapporterades också en medeltemperatur inne på  $22,3^\circ\text{C}$  och en fuktighet på  $33,7\%$  under uppvärmningssäsongen, men detta mättes inte i Kiruna. Medeltemperaturen stämmer väl överens med nuvarande mätning, medan relativa fuktigheten var lägre på grund av att utemperaturen var lägre i Kiruna nu än i Bagge et al (2010) och Bagge (2011). Enligt Bagge (2011) hamnar innevarande studies resultat för fukttillskott under klass 1 EN13788 och temperaturen över EN15026, vilket också Bagges mätningar gjorde.



## 10. Diskussion och slutsatser

Efter att ha gjort en mängd olika undersökningar i ett antal olika lägenheter med möjlighet att förstöra ytskikt kan konstateras att:

- De hygrotermiska förhållandena verkar ha varit som i bebyggelse i allmänhet.
- Det förekommer påväxt av organiskt material i fix bakom kakelplattor. Detta leder till frågetecken med tanke på hur sådana tätskikt ska utföras.
- Konstruktioner med organiskt material är utsatta. I så gott som alla sammanhang där det förekommer träkonstruktioner finns det också mögelpåväxt.
- Ytterväggskonstruktionerna utförda med träregelstomme visade på stora brister i lufttätethet med inblåsning och nedsmutsning som följd. Detta är av vikt även fukttekniskt då detta kyler ner ingående material vilket i våtrumsvägg kan leda till förhöjd relativ fuktighet som är gynnsamt för mikrobiell påväxt.
- Ingjutna kopparrör verkar ha klarat sig bra däremot påvisade golvbrunnarna problem med korrosion som orsakade läckage under golvmatta.
- Gjutjärnsbrunnarna visade alla på kraftig korrosion vilket lett till läckaget runt golvbrunnen.
- I de våtrum med originalväggbeklädnad och med badkar visade undersökningen att städhygien blir eftersatt bakom badkaret vilket i en del av fallen lett till mikrobiell påväxt. Detta skadar i förlängningen ytmaterial och väggen bakom. I undersökningen har en del stora skador bakom badkar identifierats.
- Trots för låg temperatur i VVC-slinga förekom det inga resultat som visar på legionella-problem.
- Trots att endast ett enkätsvar kom från lägenheter som sedan kunde undersökas fanns inte uttryckt några problem. För övriga enkäter från området finns inte heller mycket uttryckta problem.

Det är högst angeläget att komma åt fler våtrum för liknande studier så att ett referensmaterial kan byggas upp baserat på våtrum med olika konstruktioner för att bli klarare över olika byggteknikers problemställningar och hitta lösningar för att säkerställa att byggnader kan fungera väl över tid





## 11. Referenser

Abdul Hamid A, Wallentén P, Johansson D 2015 Moisture Supply Set Point for Avoidance of Moisture Damage in Swedish Multifamily Houses, *Energy Procedia*, 78:901–906

Arfvidsson, J, Bagge, H, Harderup, LE, Johansson, D, Stein, J, Wallentén, P, 2011, Tillståndsbedömning av naturligt åldrade byggnadskomponenter inför energieffektiviserande åtgärder – en förstudie med fält och laboratorieundersökningar, *Byggnadsfysik*, Lund, TVBH-7234

Arfvidsson, J, Bagge, H, Harderup, LE, Johansson, D, Stein, J, Wallentén, P, 2013, Tillståndsbedömning av byggnader med hjälp av förstörande provning av byggnads-komponenter – kopplingar till brukarnas hälsa och upplevd inomhusmiljö, *Byggnadsfysik*, Lund, TVBH-7236

Bagge H, Johansson D, Lindström L, 2010, Indoor Hygrothermal Conditions in Multi-family Dwellings – Measurements and Analysis, In: *Proceedings of Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings XI Conference*.

Bagge H., 2011, *Building Performance – Methods for Improved Prediction and Verification of Energy Use and Indoor Climate*, Docotral thesis, Building Physics, Lund University, TVBH-1019

Jansson, A. Tätskikt bakom kakel i våtrumsvägg, SP Rapport 2006:46, 2006

Johansson, P, 2012, *Critical Moisture Conditions for Mould Growth on Building Materials*, Rapport TVBH-3051 Lund, Avdelningen för Byggnadsfysik, LTH

Johansson, D, Bagge, H, Stein, J, Arfvidsson, J, Wallentén, P, Harderup, LE, 2012, *Building Performance Investigation in the Arctic by Help of Destructive Testing in Buildings – a Pilot Study*, Cold Climate HVAC conference 2012, Calgary, Kanada

Johansson, D, Arfvidsson, J, Bagge, H, Harderup, LE, Wallentén, P, Stein, J, 2014, *Destructive testing in buildings – building performance investigation and comparisons with non-destructive testing*, inskickad till Nordic Symposium on Building Physics, Lund

Folkhälsoguiden. – 2010, Bamse – en studie om barn och allergi, Institutet för miljömedicin, Stockholm, <http://www.folkhalsoguiden.se/Projekt.aspx?id=1005>

Hägerhed Engman, L. 2006, *Indoor Environmental Factors and its Association with Asthma and Allergy Among Swedish Pre-School Children*, doctoral thesis, avdelningen för Byggnadsfysik, LTH, TVBH-1015, <http://www.byfy.lth.se>

Morey PR, 2001. *Remediation and Control of Microbial Growth in Problem Buildings*. In: *Microorganisms in Home and Indoor Work Environments. Diversity, Health Impacts, Investigation and Control*. Editors. Flannigan B, Samson RA & Miller JD.

Örtengren (Sikander), Eva. - *Mögelpåväxt i friska hus* / Eva Örtengren. - 1988. - ISBN: 91-7848-148-1

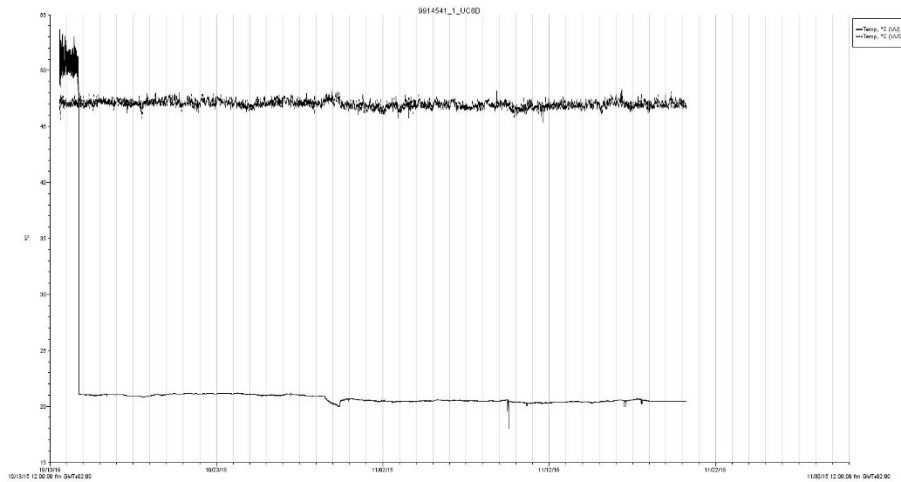
*Så mår våra hus : redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m..* - 2009 - 1. uppl.. - ISBN: 978-91-86342-28-9

WHO. *Dampness and mould; WHO guidelines for indoor air quality: World Health Organization*; 2009.

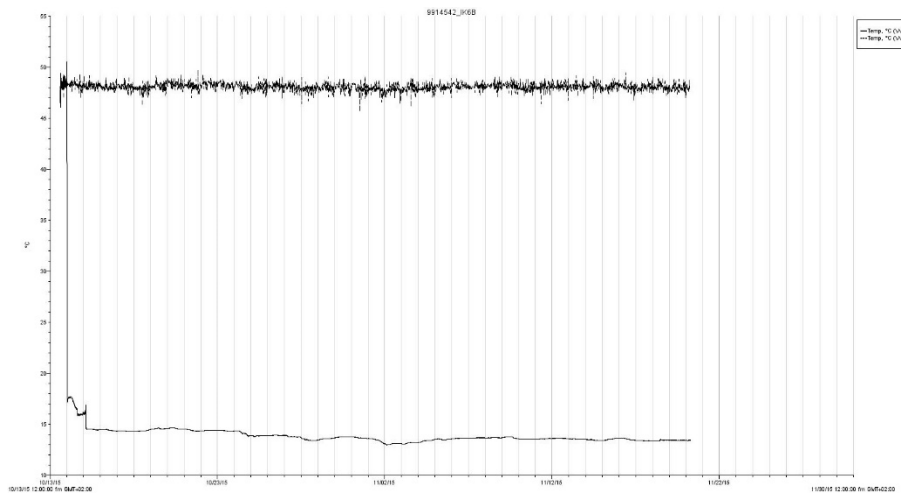


## 12. Bilagor

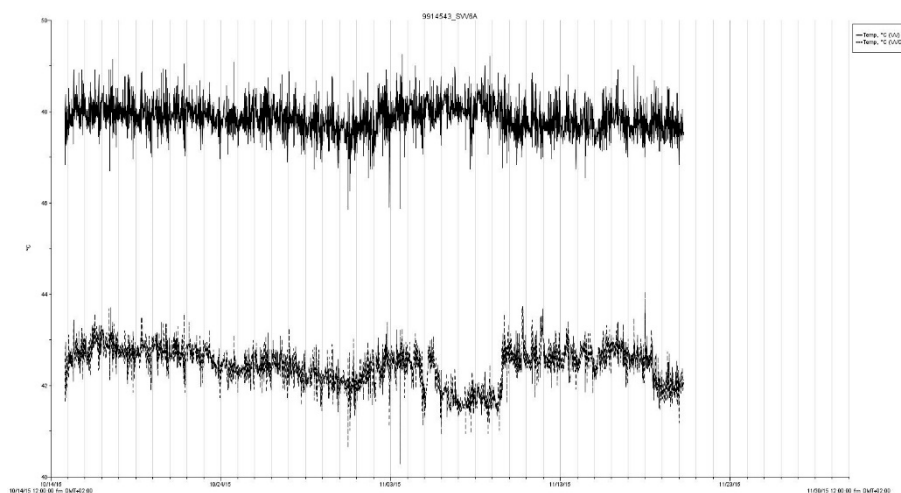
### Bilaga 1. Mätprogram för undercentralen i hus 6D



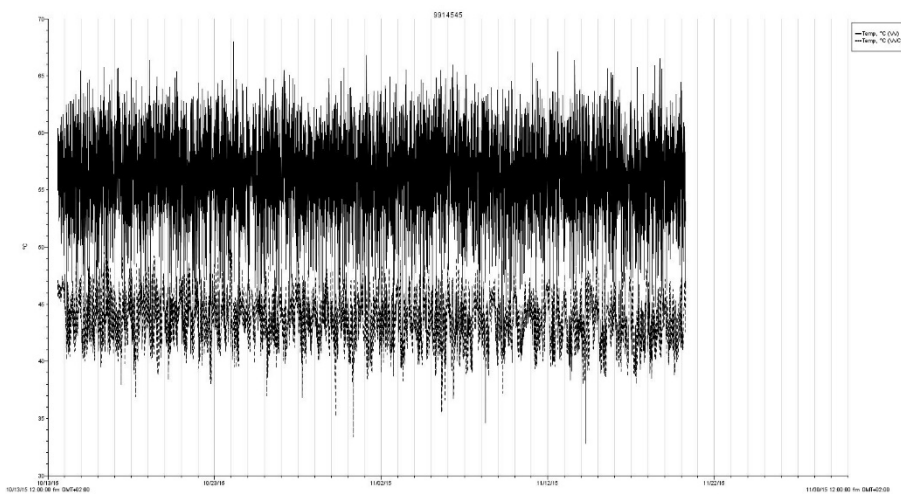
### Bilaga 2. Mätprogram för inkommande kulvert i hus 6B



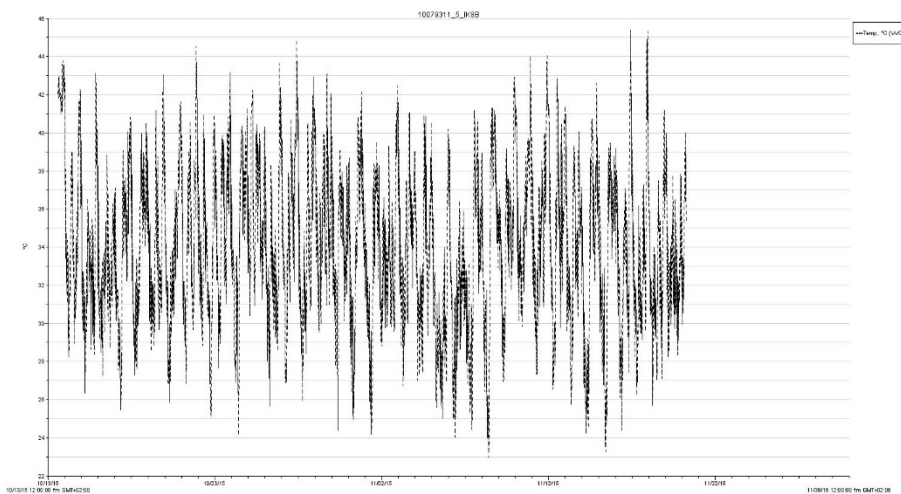
### Bilaga 3. Mätprogram för slutslinga i hus 6A



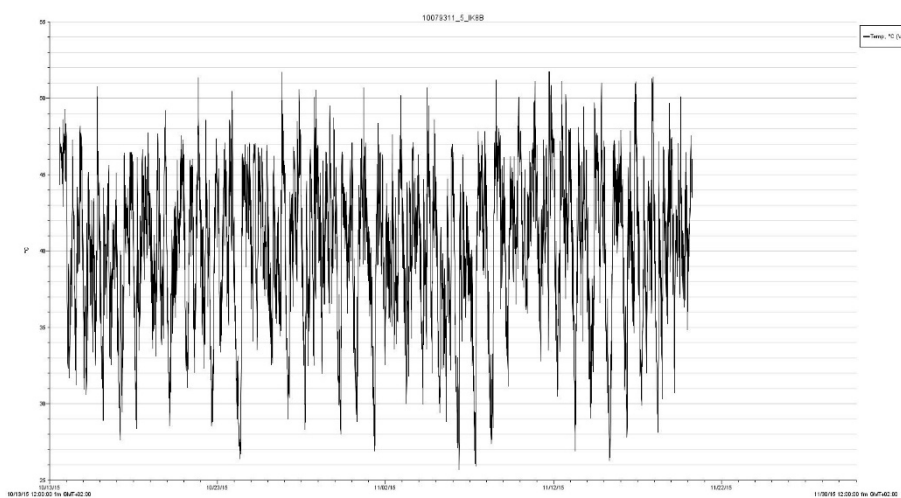
#### Bilaga 4. Mättdiagram för undercentralen i hus 8D



#### Bilaga 5. Mättdiagram för VVC inkommande kulvert i hus 8B



#### Bilaga 6. Mättdiagram för VV inkommande kulvert i hus 8B



Bilaga 7. Mätprogram för slutslinga i hus 8A

