

## Fuktrisker med tjocka avjämningsskikt



SBUF projekt nr: 12614

Lund 2013-10-30

**FuktCom**



Jörgen Grantén

## FÖRORD

Det är med viss ödmjukhet som detta projekt har genomförts, eftersom frågan om fukt i avjämningsmassor är kontroversiell. Olika aktörer har sin egen bestämda uppfattning om uttorkningsegenskaper och risken för skador.

Jag tror att olika åsikter främst beror på oklarheter kring:

- Vilken hälsorisk fukt i golv innebär?
- När en emissionsskada uppkommer i golv?

Av erfarenhet från skadefall kan även små emissionsskador i golv leda till ohälsa, vilket gör emissionsproblematiken svår att definiera.

Det kan få stora ekonomiska konsekvenser att öka säkerhetsmarginalen genom att:

- Rekommendera längre torktider.
- Ställa krav på lägre relativ fuktighet i avjämnningen.
- Förändra konstruktionslösningar.

Avsikten med att belysa fuktriskerna är för att kunna utnyttja fördelarna med lågalkalisk avjämnning bättre. Rätt använt minskar det risken avsevärt för emissionsskador i golv, men felaktigt och utan kontroll på fuktinnehåll riskerar det att skapa problem.

Jag hoppas att alla som har intresse för frågan tar resultaten i rapporten som en hjälp i sitt fuktsäkerhetsarbete, oavsett vilken sida vederbörande sitter på i frågan.

Målgruppen har varit alla som har fokus på fukt i avjämningsmassor!

Tack till Jörgen Dahlström, ByggCompagniet i Malmö, som varit projektsökande och till alla som hittills visat intresse för rapporten och bidragit med information.

Med vänlig hälsning



Jörgen Grantén  
*Civ ing, Dipl fuktsakkunnig*

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>FÖRORD</b> .....	<b>2</b>
<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b> .....	<b>3</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Projektets bakgrund</b> .....	<b>8</b>
Syfte.....	8
Problembeskrivning .....	8
Referensgrupp .....	10
Avgränsningar.....	10
<b>2 Erfarenheter av uttorkningsegenskaper</b> .....	<b>11</b>
Avjämningsleverantörers anvisningar.....	11
Intervjuer med fuktansvariga aktörer .....	13
Egna erfarenheter.....	15
<b>3 Försöksförutsättningar</b> .....	<b>17</b>
Mätmetoder.....	17
Utvalda "Riskkonstruktioner" .....	19
Val av produkter.....	19
Torkklimat .....	20
<b>4 Resultat av fältstudier</b> .....	<b>22</b>
Fältstudie 1: Skanör.....	22
Fältstudie 2: Örebro .....	25
<b>5 Resultat av laboratoriestudier</b> .....	<b>30</b>
<i>Försök 1 – "Självuttorkningseffekt"</i> .....	30
<i>Försök 2 – Jämförelse mellan olika produkter</i> .....	35
<i>Försök 3 – Betydelsen av olika fuktiga betongunderlag</i> .....	40
<i>Försök 4 – Avjämnning på spånskiva</i> .....	44
<i>Försök 5 – Fuktpåverkan på lim och PVC-beläggning</i> .....	50
<b>6 Forcerad uttorkning</b> .....	<b>53</b>
<i>Försök 6 – Uttorkning med värmekabel</i> .....	53
<i>Försök 7 – Avjämnning i flera skikt</i> .....	59
<b>7 Utvärdering av resultat</b> .....	<b>62</b>
Frågor och svar.....	62
<b>8 Rekommendationer</b> .....	<b>64</b>
Uttorkningstider.....	64
Krav på uttorkning.....	64
 <b>Bilaga 1: Uttorkningskurvor från försök 1</b>	 <b>(8 sidor)</b>
<b>Bilaga 2: Uttorkningskurvor från försök 3</b>	<b>(4 sidor)</b>

## SAMMANFATTNING

### Projektets syfte

Syftet med projektet är att utföra försök som visar fukttekniskt hur tjocka skikt avjämning uppför sig i praktiken och vad som krävs för att undvika fuktrisker som kan leda till skador på golvytskikt.

Det råder oklarheter kring:

- Fukttillstånd i självtorkande avjämning?
- Kritiska fuktnivåer för självtorkande avjämning?
- Skaderisker med fukt i tjocka avjämningskikt?

Målsättningen är att öka fuktsäkerheten vid användandet av tjocka avjämningskikt genom att försöka ge svar på dessa oklarheter.

### Utförda försök

#### Fältförsök

För att jämföra torktider enligt avjämningsleverantörens anvisningar och torktider i praktiken har två fältstudier utförts. I båda fallen har normaltorkande avjämning använts i tjocka skikt motsvarande 50 mm.

Slutsatsen av undersökningarna visar på att torktiden är minst dubbelt så lång som förväntat vid utförande enligt nu gällande anvisningar. Detta beror inte bara på avjämningsprodukten utan även på att torkklimatet inte uppfyller ställda krav.

#### Laboratorieförsök

Ett flertal försök har gjorts för att undersöka olika problemställningar. Nedan ges korta utdrag av resultaten.

Försök har gjorts för att undersöka vilken ”själv-torkning”, genom kemisk bindning av fukt, som sker i produkten. Efter olika lång uttorkningstid har provkroppar förslutits med tät ovansida för att motsvara läggning av tätskikt eller golvbeläggning. Vid förslutningstillfället och 6 månader efteråt har fuktprov tagits ut för bestämning av RF. Skillnaden i RF mellan provtagningstillfällena visar vilken självtorkning som skett under denna tid.

För 50 mm självtorkande avjämning på olika underlag som torkat 1 vecka före förslutning (enligt avjämningsleverantörens anvisningar kan de beläggas inom 1-3 dygn) visar ett utdrag av resultaten följande:

<i>Underlag</i>	<i>RF (%) efter 1 veckas torktid</i>	<i>RF (%) efter 6 månaders förslutning</i>
<b>Tätt underlag</b>	<b>95,4 – 96,4</b>	<b>90,0 – 95,3</b>
Betong med 85% RF	94,0 – 95,7	84,6 – 91,0
Betong med 70% RF	95,5 – 95,6	75,8 – 82,8
Spånskiva med primer	95,5	92,4

Vid utvärdering konstaterades att den självtorkning som skett efter 6 månader på tätt underlag inte är tillräcklig för en limmad golvbeläggning. Enligt ovanstående tabell för ”tätt underlag” minskade RF från ca 96% till 90-95% RF. För två fabrikat var självtorkningen försumbar, inom 1% RF, och för ett fabrikat var den ca 5% RF.

Vid läggning på uttorkat underlag av betong visades att viss fuktomfördelning sker till underlaget så att RF sänks något mer i avjämningen. Vid läggning på betong med ca 85% RF sjönk RF i avjämningen för det ena fabrikatet till ca 85% RF och för det andra till ca 91% RF efter 6 månader. Ett limskikt utsätts därmed enligt försöket för RF över 85% under minst 6 månader även om betongunderlaget är uttorkat till 85% RF.

Försök utfördes där självtorkande avjämning lades på spånskiva enligt avjämningsleverantörens anvisningar och där limmad PVC-matta limmades efter 3 dygn. Resultatet visade att spånskivan uppfuktades över kritiska nivåer (över 20% fuktkvotsindikering) efter 6 veckor och att avjämningens fuktillstånd var 92% RF efter 3 månader. Resultatet visade på tydliga skaderisker för såväl spånskiva som limskikt. Spånskivan uppvisar efter 2 månader synliga skador av missfärgning på undersidan.

Vid limning av PVC-matta efter 3 dygn på 50 mm självtorkande avjämning på tätt underlag visades att RF under golvbeläggningen i avjämningens yta var 94% RF efter 5 månader. Detta innebär en tydlig skaderisk för lim och golvbeläggning.

### Forcerad uttorkning

Försök har gjorts för att prova effekten av forcerad uttorkning med hjälp av värmekablar och med läggning av avjämning i flera tunnare skikt. Resultaten ger exempel på hur uttorkningstiderna kan förkortas.

Vid användning av värmekabel med en effekt på  $190\text{W}/\text{m}^2$  effekt uppgick temperaturen i avjämningen till ca  $38^\circ\text{C}$  (mellan kablarna). Torktiden ner till 85% RF, för en normaltorkande 50 mm tjock avjämning, forcerades till ca 25 dygn, istället för 35 dygn enligt leverantören eller ca 70-100 dygn enligt redovisade fältförsök. Halva effekten gav ca  $32^\circ\text{C}$  och ca 50 dygns torktid.

Vid läggning i tre tunna skikt  $< 20\text{mm}$  kunde uttorkningstiden kortas till ca 1 dygn/mm torktid, dvs 50 dygn för 50 mm. Vid gjutning av två skikt med  $2 * 25\text{ mm}$  var effekten något mindre. Förhållandena testades för både normal- och självtorkande produkt.

## Rekommendationer

### Kritisk RF

Kontentan av mätresultaten från uttorkningsförsök med 40-50 mm självtorkande avjämningsmassor är att fuktnivån är över 90% RF under minst 6 månader om man följer leverantörens anvisningar.

Konsekvensen blir att höga fukttillstånd stängs in i olika konstruktioner som på sikt riskerar ge upphov till skador av både mikrobiell och kemisk karaktär.

- Krav måste ställas på att fuktnivån oavsett typ av avjämning, skall torkas ner till en "oriskabelt" låg nivå före tätskikt eller golvbeläggning läggs.

Enligt min uppfattning handlar det inte om att sänka fuktnivån till värden som innebär att vi undviker allvarliga skador. Istället måste fuktnivån sänkas till en nivå där det inte riskerar uppstå någon kemisk eller mikrobiell skada alls.

- Högsta tillåtna fukttillstånd bör vara 85% RF för limmade golvbeläggningar oavsett val av golvbeläggning, limtyp och typ av avjämningsmassa.

Denna rekommendation grundar sig på erfarenheter från skadeutredare och fuktsakkunniga, resultat från tidigare SBUF-projekt avseende risken för kemiska emissioner. Som referens avseende risken för ökade emissioner vid läggning på avjämning med  $\text{RF} > 85\%$  hänvisas till tidigare SBUF-projekt 11427 och 11680

## Mätningar

För att säkerställa uttorkning till kritisk fuktnivå måste godkänd RF i avjämnningen verifieras med mätningar, vilket gäller för såväl normaltorkande som för självtorkande avjämnning. Särskilt för tjocka skikt >20 mm, eftersom torktiderna ökar exponentiellt med tjockleken.

- Uttag av RF-prov måste göras oavsett typ av avjämnning, för att verifiera att RF underskrider kritiskt fukttillstånd.
- För att följa uttorkningen och torkklimatet rekommenderas att trendmätningar görs genom loggning eller återkommande borrhålsavläsningar.

## 1 Projektets bakgrund

### Syfte

Syftet med denna rapport är att öka kunskapen om hur främst självtorkande avjämningsprodukter fungerar fukttekniskt i tjocka skikt > 30 mm. Anledningen är att det utifrån erfarenheter som fuktsakkunnig i fall med tjocka avjämningsskikt, visat sig att fuktkraven inte uppfylls då avjämningsleverantörens anvisningar följs.

Det förekommer fortfarande alltför många skadefall och dåliga inomhusmiljöer som beror på nedbrytningsproblematik där lim och golvbeläggning utsatts för alkalisk fukt, dvs för höga fukttillstånd med förhöjt pH-värde från cementbundna material.

- Om emissionsproblem från golv skall undvikas i framtiden måste det säkerställas att fukttillståndet är på en ”oriskabelt” låg nivå.

Underlagets fukttillstånd är helt avgörande för skaderisken.

Målsättningen är att öka fuktsäkerheten och kvaliteten på utförandet så att fuktkrav och krav på kontroller kan uppfyllas som motsvarar byggnormen.

### Problembeskrivning

Det är sedan tidigare känt att tjocka avjämningskikt har betydligt längre torktid än vad som anges i lägningsanvisningarna, undersökt av undertecknad 2004-2006 i SBUF-projekt nr 11427 och 11680.

Ny mätmetod har framarbetats av GBR (Golvbranschens Riksorganisation), ”Branschstandard för mätning av relativ fuktighet (RF) i avjämningskikt”, som finns att ladda ner på [www.golvbranschen.se](http://www.golvbranschen.se). Denna bygger på rekommendationer från SBUF projekt nr 11791, undersökt av undertecknad 2008 och gäller endast för normaltorkande avjämningskikt.

- För självtorkande avjämningskikt avråder GBR från fuktmätning helt och hållet.

För självtorkande avjämningskikt följs idag leverantörens anvisningar vad gäller tid från avjämningskikt till applicering av tätskikt eller limning av golvbeläggning. I rollen som fuktsakkunnig ställs krav på att kritiska fukttillstånd skall kunna verifieras genom mätning, vilket innebär att självtorkande avjämningskikt därmed utgör ett avsteg från detta krav.



Som fuktsakkunnig i ny- och ombyggnadsprojekt är det svårt av tids- och kostnadsskäl att ställa krav för att undvika risken för höga fuktillstånd i självtorkande avjämningslagor. På tjocka skikt självtorkande avjämningslagor läggs idag tätskikt och limmade golvbeläggningar efter 1-3 dygn utan att mätningar utförs.

Risken för konsekvenser av höga fuktillstånd i golvkonstruktioner är uppenbar och måste hanteras. I denna rapport har nedanstående problemställningar undersökts:

1. *Hur länge är fuktnivån hög i tjocka skikt?*
  - *”Självtorkningseffekt”*
  - *Skillnader mellan produkter*
2. *Hur påverkas uttorkningen av olika faktorer?*
  - *Underlagets täthet eller fuktupptagningsförmåga*
  - *Avjämningslagor tjocklek*
  - *Temperatur vid läggning*
3. *Hur undviks långa torktider?*
  - *Effekt av värmekabel*
  - *Läggning i flera skikt*
4. *Hur kan fuktillståndet övervakas?*
  - *Uttag av prov för verifiering*
  - *Trendmätning genom loggning*

Under rubriken ”Utvärdering av resultat” redovisas svar på ovanstående frågor utifrån vad som framkommit av utförda försök.

## Referensgrupp

Fuktsakkunniga:	Magnus Åhs Sture Lindmark Niclas Wahl Prytz Bengt Axelsson Thomas Linneroth	Lth, Byggnadsmaterial FuktCom WSP Environmental, Stockholm WSP Environmental, Örebro Monomeet
Mättekniker:	Nicklas Sahlén Martin Engman	FuktCom Skanska Teknik, FuktCom
Entreprenörer:	<b>FoU Syd</b> Christer Karström Göran Håkansson Lars Östberg Jörgen Dahlström Henrik Hyll Jens-Eric J-Wichmand Lars Arvidsson Ronny Rietz Ulf Persson Thomas Sandberg Lars-Olof Rubin	NCC Skanska Peab ByggCompagniet i Malmö NCC Skanska MGA MVB JM Byggmästarn i Skåne Byggmästarn i Skåne

## Avgränsningar

Självtorkande produkter har testats i laboratoriemiljö för tre olika produkter.

Antalet prover som testats har inte varit tillräckliga för att påvisa statistiskt säkerställda samband, utan visar endast enskilda resultat. Syftet är att ge underlag för bedömningar av risker och problem och inte att visa materialfakta för enskilda produkter.

Långtidsaspekter som avser mer än 6 månader har inte studerats. Avseende självtorkningsegenskaper bedöms denna tid tillräcklig för att medföra skador på fuktkänsliga material vid förhöjt fuktillstånd.

## 2 Erfarenheter av uttorkningsegenskaper

### Avjämningsleverantörers anvisningar

- *Vad är en skada enligt leverantörerna?*

Riktvärden för hur en emissionsskada definieras saknas tyvärr. En orsak är att det finns ett antal olika mätmetoder och olika laboratorier som bedömer proverna på divergerande sätt. Om det inte finns ett gränsvärde för vad som anses vara en emissionsskada, går det inte heller att avgöra vad som är en kritisk RF-nivå för limmet.

Andra faktorer än emissioner har därför blivit mera vägledande för vilken uttorkning som krävs före limning av beläggning, såsom;

- *Hållfasthetstillväxt*
- *Ythållfasthet*
- *Rullhjulstest*
- *Vidhäftning*
- *Synbara defekter*

Dessa egenskaper visar att den tekniska funktionen uppfylls och att mattan sitter kvar utan synbara defekter. Parametrarna utgör underlag för bedömning om en skada skett eller inte. I de fall där ohälsa förekommer på grund av kemiska emissioner är ovanstående faktorer dock ointressanta.

#### Kommentar:

Den metod som används för bedömning av kemiska emissioner av avjämningsleverantörer är mätning med FLEC (Field and Laboratorie Emission Cell). Metoden innebär att mätning sker ovanpå en limmad golvbeläggning för att bedöma om en skada pga emissioner tränger igenom mattan. Metoden kräver en relativt allvarlig skada som pågått under en längre tid (flera år) för att kunna påvisas på ovansida golvbeläggning. Enligt tidigare SBUF-rapport 11680 har jämförande mätningar gjorts som visar att en tydlig skada av nedbrytningskaraktär på limmet ej påvisas med denna metod efter 2 år ovanpå golvbeläggningen. Resultaten visar att metoden är för okänslig för bedömning av vad som sker under mattan.

- **Kritisk RF enligt leverantörerna?**

Kritisk RF för vanliga vattenbaserade limmer har länge angetts av limleverantörer till 85% RF. Istället för att säkerställa att underlaget är tillräckligt torrt, har utvecklingen gått åt andra hållet under de senaste åren, vilket innebär att vissa avjämningsleverantörer nu tillåter högre RF! Med stöd av ”funktionstester” (rullhjulstest etc) och emissionsmätningar ovanpå golvbeläggningen har det visats att limning på avjämning upp till 90% godkänns.

Avjämningsleverantörer anger att deras lågalkaliska produkt skyddar limmet upp till en fuktnivå på 90% RF, jämfört med tidigare 85% RF. Detta stöds med argumentet att skadefall sällan förekommer och utifrån avjämningsleverantörers utförda tester.

Exempel från Webers hemsida 2013-07-01 avseende kritisk RF:

”- Limmade mattor Linoleum eller PVC

90% RF”

Som underlag uttrycker Weber följande på sin hemsida:

*”Webers omfattande emissionsforskning (se Alexandersson J, AMA Nytt 1/2000 och Concrete Sept 2001, LTH 2004) har visat att den skyddande funktionen mot alkalisk nedbrytning av bindemedel och ytbeläggningar är permanent, förutsatt att RF inte är högre än 90 % och avjämningsskiktets tjocklek är minst 5 mm.”*

- **Leverantörens krav på uttorkningstider för självtorkande produkter?**

Leverantörerna förklarar på sina hemsidor hur de självtorkande produkterna fungerar. Huvudprinciperna är:

1. Avjämnings yta skall vara torr inför limning.
2. Avjämnings binder vattnet kemiskt på sikt efter matläggning.

Exempel på text från olika fabriks hemsidor:

*”Vid självtorkande avjämningsmassa för tidig matläggning krävs att avjämningsmassan fått en tillräcklig yttorrhet och ythållfasthet för att det aktuella limmet skall få tillräckligt bett i ytan. Detta förutsätter att underliggande betong uppfyller AMA Hus krav på RF.”*

*”Torkning före matläggning är huvudsakligen avsedd att tillförsäkra att massan skall bli yttorr och kunna ge plats åt limvattnet. Medel-RF i avjämningsskiktet vid matläggningstillfället är därför hög över 90%. Men RF-nivån faller sedan då de kemiska hydrationsprocesserna förbrukar blandningsvattnet. Följaktligen är det ingen idé att mäta RF mellan betongen och avjämningsmassan vid matläggningstidpunkten.”*

*”Den genomsnittliga RF vid mattläggningstillfället är därför hög, i närheten av 100 procent. Därefter sjunker nivån i takt med att de kemiska processerna(hydratationen) förbrukar blandningsvattnet. Mot denna bakgrund är det ingen idé att mäta fukthalten vid mattläggningstidpunkten.”*

*”En tidig ythållfasthet erhålls och överskottsvattnet binds kemiskt på sikt. Ytan har då härdat tillräckligt för att mattan skall kunna limmas till ytan. Detta möjliggör en tidig mattläggning förutsatt att RF % i underliggande konstruktion ej överstiger rekommenderat värde enligt AMA Hus.”*

*”I en självtorkande produkt står de kemiska reaktionerna och de fysikaliska processerna för huvuddelen av uttorkningen. Dessa produkter är avsedda för tidig ytbeläggning. RF i produkten är vid tidig ytbeläggning fortfarande hög, men sjunker sedan med tiden allteftersom de inre processerna fortgår. Fuktmätning av självtorkande produkter före ytbeläggning är därför inte relevant.”*

### Kommentar:

Det redovisas inte någon tidsaspekt avseende på hur lång sikt fuktnivån sjunker till godkända nivåer.

Det beskrivs heller inte hur fuktomfördelningen sker inom avjämningsmassan, dvs hur fuktprofilen förändras efter mattläggning.

Konstruktioner med självtorkande avjämnning bedöms ofta vara en ”riskkonstruktion” av fuktsakkunniga pga att det inte kan verifieras vilken fuktnivå intilliggande material kommer att utsättas för.

## **Intervjuer med fuktansvariga aktörer**

Vid intervjuer har diskussion förts om hur fukt i avjämningsmassor hanteras under projektering och produktion. Nedan har resultatet sammanfattats.

### ***Erfarenheter från fuktsakkunniga i 12 st nybyggnadsprojekt:***

- *Hur styrs fuktfrågorna av byggherrens fuktsakkunnige?*

I projekt där en fuktsakkunnig hanterar fuktfrågorna ställs oftast krav på mätning i avjämningsmassor då de överstiger viss tjocklek, ofta > 20 mm.

Tidigt under projekteringen ställs kraven på fuktmätning i Fuktsäkerhetsprogram och förs in i handlingar vid Fuktsäkerhetsprojektering.

Under produktion måste byggherrens fuktsakkunnige kräva fuktmätning, annars uteblir mätning med hänvisning till leverantörens angivna torktider.

- *Vilka krav ställs på valet av avjämningsmassa?*

Krav ställs oftast att produkten skall vara slagg- och kaseinfri.

För självtorkande produkter krävs fuktmätning i tjocka skikt trots att GBR:s branschstandard avråder från detta. Om det inte följs under produktion är det en avvikelse som entreprenören skall hantera. Entreprenören hänvisar då till leverantörens ansvarsgarantier avseende korta torktider, utan krav på fuktmätning. För normaltorkande produkter anges torktiden till minst vad leverantören anger och att mätning skall utföras före matläggning enligt GBR:s branschstandard.

- *Hur mäts och följs uttorkning upp?*

Mätning sker med uttagna prov enligt GBR:s branschstandard.

Upplever att torkning sker långsamt för tjocka skikt och att torktiden ökar exponentiellt med tjockleken. För självtorkande avjämnning uppnås sällan RF<90% vid eventuell provtagning.

### ***Erfarenheter från entreprenörer i 3st nybyggnadsprojekt:***

- *Vad avgör valet mellan normal- och självtorkande avjämnning?*

Råd från avjämningsleverantör följs avseende typ av produkt med hänsyn till torktider och kostnad. Valet av produkt görs oftast under produktion då förutsättningarna är klara.

- *Upplevs fuktrisker vid avjämnning?*

Entreprenör upplever inte att avjämnningen innebär problem avseende torktider och har aldrig fått reklamation pga skador. Limning kan oftast ske utan att underlaget behöver torkas till 85% RF och ifrågasätter fuktkrav på 85% RF, eftersom de anser att golvbeläggningen inte får synliga skador vid högre fuktnivå. Förtroendet för avjämningsleverantörer verkar vara gott avseende teknisk kompetens.

### ***Erfarenheter från mättekniker i 3st nybyggnadsprojekt:***

- *Hur stämmer leverantörens torktider?*

För tunnare skikt < 20 mm upplevs inga problem med torktider. Vid läggning i tjockare skikt kan uttorkning gå långsamt. Torkklimatet upplevs ofta sämre än förväntat pga låga temperaturer på 10-15°C, vilket upplevs påverka torktiderna betydligt. Stora variationer kan förekomma inom lokalerna avseende torkklimat och tjocklek på avjämnning. Leverantörerna anger ofta hur torktiden för normaltorkande avjämnning ändras beroende av temperatur, men inte för självtorkande produkter.

- *Vilka råd ges av mättekniker?*

Som mättekniker efterfrågas ofta rådgivning då mätresultaten inte uppfyller ställda krav. De råd som ges innebär oftast en hänvisning till leverantörers uppgifter, då det alltid är olika förutsättningar i varje enskilt fall.

Råd för att påskynda torkningen är oftast mera värme och ökad ventilation.

## Egna erfarenheter

Skaderisken är i nuläget en gissningslek för självtorkande produkter då mätningar sällan utförs. Det finns ett antal olika avgörande faktorer som påverkar torktiderna i uttorkningsprocessen vilket gör att torktiden är svår att förutspå. För att få kontroll på fuktillståndet krävs det därför verifierande fuktprovtagningar, vilket gäller även för självtorkande produkter. Utan fuktmätningar finns ingen garanti för vilket fuktillstånd känsliga golvytskikt kommer att utsättas för.

### *Definition av skada*

Entreprenörer och avjämningsleverantörer undrar ofta varför fuktkraven skall kontrollmätas då det så sällan sker några skador. Av egna erfarenheter från skadeutredningar förekommer betydligt fler skadefall än vad som framkommer genom åiterrapportering till entreprenörer och avjämningsleverantörer. Vad som utgör en skada är en definitionsfråga och endast konkreta och synligt påtagliga skador rapporteras som skador. Min erfarenhet från skadeutredningar är att det finns ett betydligt större antal skador, än vad som rapporteras, som inte syns.

### Egen förklaring

- *Synliga skador med lukt och mattsläpp uppstår först vid  $\geq 94\%$  RF. Dessa skador ger reklamationer.*
- *Nedbrytning av golvlim och onormala emissioner sker vid  $RF > 85\%$  RF. Dessa skador varken syns eller avger lukt, men påverkar de som vistas i lokalen negativt.*

### *Effekten av lågt pH-värde*

En lågalkalisk avjämnning med pH ca 11 ger mindre risk för nedbrytning av lim vid jämförelse med betong som har pH ca 13. Detta har lett till att emissionsrisken har minskat vid användande av lågalkalisk avjämnning, vilket har lett till väsentligt färre allvarliga emissionsskador. Tyvärr har konsekvensen blivit att vissa avjämningsleverantörer nu börjat rekommendera limning på deras produkter upp till 90% RF, med hänvisning till att det inte uppkommer någon nedbrytning pga lågt pH.

- *Nedbrytningen upphör inte vid pH 11, utan minskar.*
- *Fuktnivån avgör hur tillgänglig alkaliteten är för lim och matta.*

## ***Gränsvärden för kemiska emissioner***

En skada av emissionskaraktär är som redan nämnts inte definierad med gränsvärden för kemiska emissioner inom branschen. Därmed är bedömningen av när en skada uppkommer relativt godtycklig och fri för egna tolkningar. Av erfarenhet från skadeutredningar måste risken för nedbrytningsskador helt undvikas och inte godtas till en viss nivå. Målet måste vara att kontrollera fuktsäkerheten och därmed eliminera skaderisken.

Resultat från uttorkningsförsök och konsekvenser avseende nedbrytning av lim och matta har tidigare redovisats i följande SBUF-rapporter:

- *"Fuktsäkerhet vid limning på lågalkalisk avjämning".  
Daterad 2004-10-27 med SBUF-nr 11427.*
- *"Fuktsäker avjämning, del 2, Uppföljningsmätningar efter 2 år".  
Daterad 2006-08-25 med SBUF-nr 11680.*

Här redovisas en serie emissionsmätningar med limmad matta på avjämning vid olika fuktillstånd. Resultaten visade att en nedbrytning påvisats på limmet vid RF > 85%. Efter 20 månader konstaterades att indikatorämnen för nedbrytning översteg riktvärden för en skada, vilket inte visats uppstå efter 6 månader. Det visades ske en långsam skadeutveckling vid RF 85-90%.

## ***Slutsatser***

Oklarheter kring riktvärden/gränsvärden för emissionsskada gör att det fortfarande tillåts ske "en okänd omfattning" av emissionsskador vid limning av golvbeläggningar, vilket enligt egna erfarenheter inte är acceptabelt.

Om gällande gränsvärde för kritisk fuktnivå för lim motsvarande 85% RF hålls, sker det utifrån tidigare utförda försök ingen påvisbar emissionsskada. Vid högre RF tillåts en risk för att en emissionsskada sker enligt min och många andra fuktsakkunniga och skadeutredares uppfattning.

Detta är anledningen till att det är viktigt att fuktnivån måste säkerställas även för självtorkande produkter före limning av golvbeläggning eller vid gjutning i fuktkänsliga konstruktioner.



## 3 Försöksförutsättningar

### Mätmetoder

#### 1. Uttag av hel kärna

Vid uttag av prov för RF-bestämning har mätning utförts i enlighet med GBR:s branschstandard för mätning av RF i avjämningsmassa. Denna metod är en anvisning för hur mätning skall utföras genom att en hel kärna med diameter 35 mm borrar ut från yta till botten, varefter prov läggs i provrör för bestämning av RF i temperaturstabil fuktlaboratorium.

Specifikt för gjorda provtagningar i försöken:

- Till resultatet har inte något mätfel lagts till, vilket det normalt skall göras motsvarande ca 2% vid mätning i objekt inför läggning av golv och tätskikt. Detta har ej gjorts eftersom det i försöken eftersträvas att komma så nära sanningen som möjligt och inte att eftersträva en säkerhetsmarginal på resultaten.
- För bestämning av RF har proven avlästs i FuktComs fuktlaboratorie som är auktoriserat för RBK-mätningar och innehar spårbar kalibrering mot NIST i USA.
- Metoden har använts för både normaltorkande och självtorkande avjämning i försöken.
- Borrning har utförts med 50 mm Hiltiborr för tegel och lättbetong, då detta borr är enklare att hantera och bedöms alstra mindre friktionsvärme än jämförande 35 mm diamantborr.

#### 2. Inborrade givare för loggning

Vid mätning i fältförsök och för att följa fuktnivån i gjutningar har OBCO mätsystem använts.

Mätsystemet har utvecklats under 10 års tid för att följa uttorkning av betong. Systemet består av ca 8 mm givare som sitter monterade på sladd och ansluts till 220V. Mätvärdena samlas in av en basenhet som samlar in mätdata och skickar den via GPRS till en webbaserad sida.

Givaren placeras i ett ofodrat 10 mm borrhål som borrar i 45° vinkel mot underlaget. Borrhålet är ca 40 mm djup för att mätdjupet skall vara under mittnivån i avjämningen. Längst upp monteras en tätningsmassa som förhindrar fortsatt uttorkning av borrhålet. Syftet med att borrhålet borrar i 45° vinkel är att

avjämningen ovanför givaren skall vara så intakt som möjligt för att kunna följa vidare uttorkning.

Givarna är inte lämpade för mätning ovanför 95% RF, vilket har visat sig genom att mätvärdena då visar 100% RF. Givarna är kalibrerade i förväg, men kan ha ett mätfel motsvarande 3% RF. Resultatet syftar endast till att indikera uttorkningsprocessen och gör inte anspråk på att vara en exakt metod, då även mätdjupet är en stor källa till osäkerhet.

### ***3. Loggning med batterilogger***

Vid mätning av RF i luft har Tinytag Ultra 2, fabrikat Intab, för loggning av temperatur och relativ fuktighet använts. Detta har gjorts i följande miljöer:

- I provback efter förslutning med lock, i syfte att följa vilken RF som uppstår mellan avjämningens yta och ett tätskikt.
- Torkklimatet i fältstudier, dvs i rummet ca 1 m över golv.
- I laboratoriemiljö för att bevaka torkklimatet.
- I luften i ett träbjälklag som belagts med avjämning i ett av laborieförsöken.

Loggrarna har registrerat värden varje timme. Då RF varit över 95% har loggrarna inte kunnat följa klimatet utan har oftast visat värden på konstant 100%.

### ***4. Fuktkvotsgivare för resistiv mätning med logger***

Denna metod har endast använts i ett av laborieförsöken. Syftet har varit att följa fuktkvotsförändringar i spånskiva och träreglar som pågjutits med självtorkande avjämning.

Mätgivarna består av metallbleck som skruvas fast vid mätpunkten. Resistansen mäts mellan blecken där resistansen i materialet är lägst. Beroende på skruvarnas längd mäts resistansen mellan skruvarna på det djup som skruven når in till. Fyra givare är anslutna till en logger, Fuktlog, som sparar värdena varje timme. Värdena kan samlas in och redovisas i excelark för omvandling till fuktkvot och redovisning i diagramform.

Värdet för fuktkvoten är kalibrerat mot fuktkvot för trä (Protimeter skala A vid 20°C). Omvandling till spånskiva har inte gjorts, eftersom värdet endast redovisas som en fuktkvotsindikering, kallat "Fki".

I skadefall mäts fuktkvoten i spånskiva ofta med fuktkvotsgivare på liknande sätt och anges vara förhöjt när fuktkvotsindikeringsvärdet överstiger 15%.

## Utvalda "Riskkonstruktioner"

Av erfarenhet ökar uttorkningstiden exponentiellt med tjockleken på skiktet, vilket gör konstruktioner med tjocka skikt extra fukt känsliga. Vanligt förekommande konstruktioner med tjocka avjämningskikt som bedöms vara "riskkonstruktioner" är:

- *Avjämningskikt på relativt diffusionstäta HDF-bjälklag.*
- *Avjämningskikt på betong med lågt vct < 0,40, sk självtorkande betong.*
- *Avjämningskikt lagda på täta underlag av distansmatta av exempelvis HD-polyeten eller polypropen, sk ventilerade golv.*
- *Våtrumsgolv med avjämningskikt på äldre konstruktion.*
- *Spånskiva som avjämnas och förses med tätskikt inom 1-3 dygn.*
- *Träbjälklag med spånskiva och tät beläggning.*

Gemensamt för dessa konstruktioner är att fukt stängs in i täta konstruktioner och/eller att fukt känsliga material kommer i kontakt med fukten under lång tid.

Uttorkningen för självtorkande produkter måste vara säkerställd enligt leverantörens beskrivning, annars finns en risk att hög fuktnivå kvarstår i avjämnningen.

Följande konstruktioner har testats:

- *50 mm på tätt underlag (provback av plast).*
- *40 mm på tätt underlag (provback av plast).*
- *50 mm på betong med 85% RF (vct 0,50).*
- *50 mm på betong med 70% RF (vct 0,50).*
- *50 mm på spånskiva på träbjälklag.*

Syftet har varit att följa uttorkningen på tätt underlag, normal betong och på fukt känslig konstruktion av trä.

## Val av produkter

I fältförsöken har två normaltorkande produkter använts, dessa var:

- *Bostik Flyt Grov, i fältstudie 1 i Skanör.*
- *Weber 4310 FiberFlow, i fältstudie 2 i Örebro.*

I laboratorieförsöken har syftet varit att även undersöka eventuella skillnader mellan produkters självtorkningsegenskaper. Därför har tre olika självtorkande produkter använts i samma försök.

Samma försök har gjorts samtidigt med följande självtorkande produkter som är rekommenderade upp till 50 mm tjocklek:

<u>Produkt</u>	<u>Beläggingsbar efter:</u>
• Ardex K75	1 dygn
• Weber 4320 FiberFlow Rapid	3 dygn
• TM Rotavjämning K	1-3 dygn

Vilken produkt som är vilken framgår inte av resultatredovisningen, då dessa har redovisats i annan ordning.

För att nå dessa torktider skall uttorkningsklimatet enligt anvisningarna vara minst 20°C och maximalt 50% RF samt ha en god ventilation av lokalen.

Alla produkterna är fria från slagg, kasein och flygaska samt har ett lågt pH-värde motsvarande ca 11.

## Torkklimat

Lokalen som använts för förvaring av gjutna provformar har ett normalt uppvärmt inomhusklimat med en luftomsättning som motsvarar 0,5 omsättningar per timme. Vid gjutning har temperaturen varit 15-20°C och efter ett dygn har provformarna flyttas till rum för förvaring.



*Bild 1: Förvaring av provformar under uttorkningstiden.*

Uttorkningstiden påbörjades med första gjuttillfället den 26 september 2012 och sista den 8 februari 2013. Detta innebär att ånghalten var låg under denna tid, vilket ger ett optimalt torkklimat inomhus.

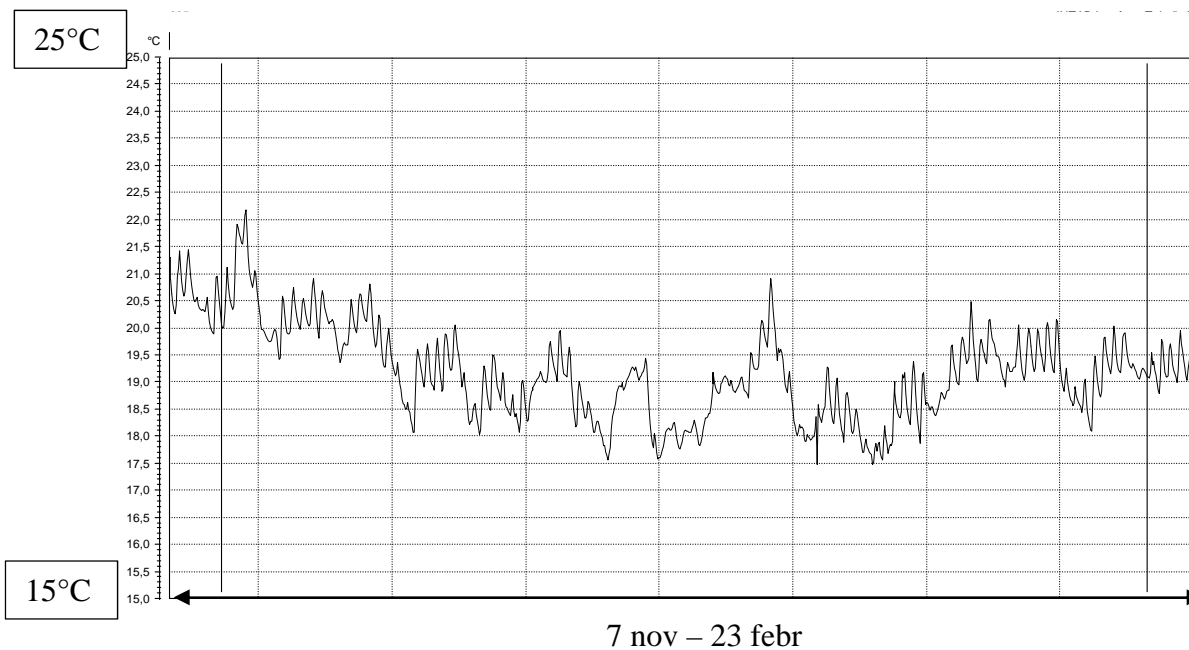


Diagram 1: Uttorkningsklimatets temperatur i "uttorkningslokal".

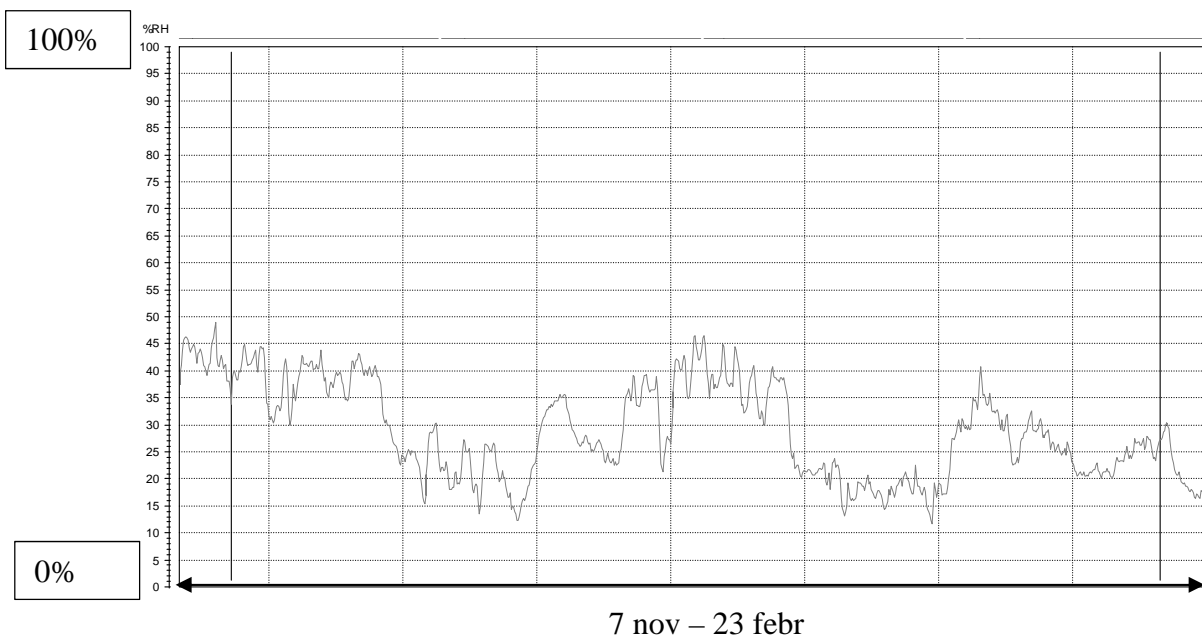


Diagram 2: Uttorkningsklimatets relativa fuktighet i "uttorkningslokal".

Ovan redovisade loggning av torkklimatet visar att det under hela uttorkningsperioden var 18-22°C och 20-50% RF i lokalen. På en normal byggarbetsplats uppnår torkklimatet sällan dessa förhållanden, särskilt inte vid golv.

## 4 Resultat av fältstudier

### Fältstudie 1: Skanör

#### Uttorkningstider för normaltorkande avjämning på tätt underlag

##### *Syfte med fältstudie 1*

Syftet med mätningar var att följa upp hur leverantörens angivelser för torktid stämmer med uttorkningen i ett verkligt fall då underlaget är tätt.

I detta fall används en normaltorkande avjämning av typ Bostik Flyt Grov. Avseende torktider anges följande i leverantörens anvisningar:

*"Beläggingsbar: 1 dygn per mm skiktjocklek\**

*\* De angivna torktiderna förutsätter 20°C max 50% RF och ett visst luftombyte samt att RF i underlaget är <85%."*

Det framgår ej av produktbeskrivningen hur torktiden påverkas om underlaget är tätt. Ett torkklimat på 20°C hålls i princip aldrig på en byggarbetsplats, vilket innebär att torktiden alltid måste antas vara längre.

##### *Projektbeskrivning*

Normaltorkande avjämning lagd på ventilerat golv, dvs tätt underlag, skulle försees med limmad plastmatta. Konsekvensen blir då att fukt riskerar stängas in mellan två täta skikt, vilket innebär att man måste säkerställa att tillräcklig uttorkning skett före mattläggning.

Konstruktion i underlag: Platta på mark med ventilerad distansmatta, typ Platon.  
 Avjämning: Normaltorkande typ; Bostik Flyt Grov, 40-55 mm tjock.  
 Golvbeläggning: Limmad plastmatta.  
 Avjämningsdatum: 24 feb 2012.  
 Mattläggning: Kritisk RF för lim är 85%, vilket ska verifieras enligt GBR branschstandard för fuktmätning i avjämningsmassa. Metoden beskriver uttag av prov som hel kärna från botten till yta som avläses i fuktlaboratorie.

##### *Resultat*

Torkklimat i lokalen loggades med Tinytag datalogger. Resultat under perioden 27 februari till 2 april redovisas i nedanstående diagram.

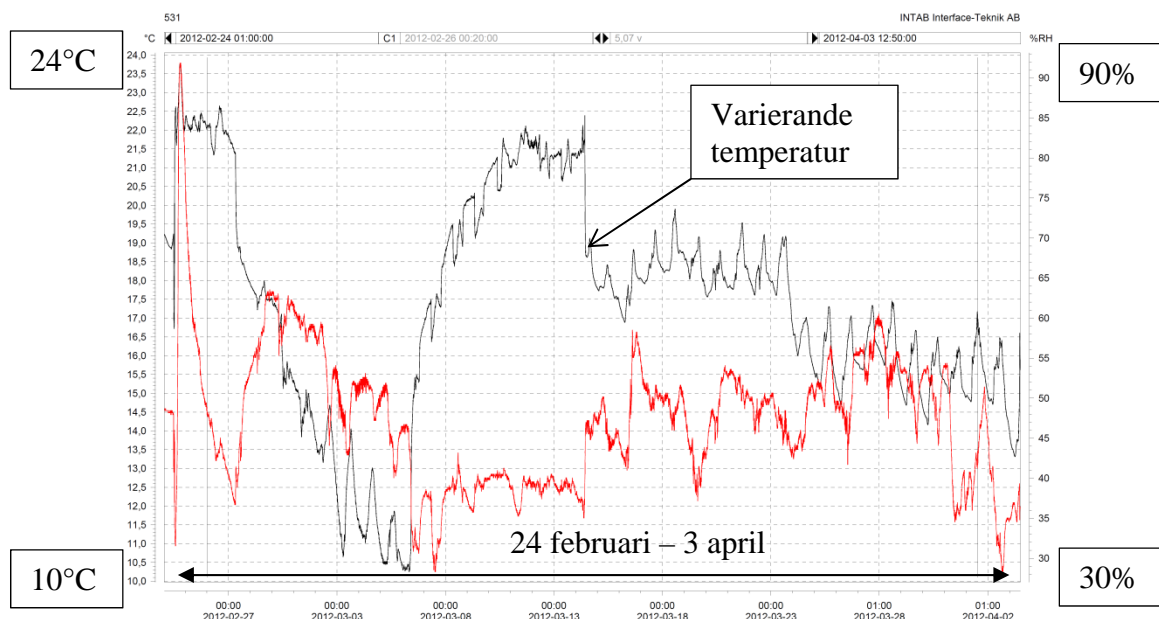


Diagram 3: Torkklimat i lokalen. Svart kurva visar temperatur 10 – 22°C, Röd kurva visar RF 30-60%.

Mätning har gjorts dels genom loggning på två nivåer i avjämningen, dels som uttagna prov var 3:e vecka.

Loggningen i avjämningen misslyckades då mätningen på 20 mm mätdjup ej gav några mätvärden och mätningen på 40 mm mätdjup visade 100% RF konstant.

Uttagna prov togs dels som hel kärna, dels som fuktprofil på tre nivåer. Resultaten har sammanställts i nedanstående tabell och i diagram.

Datum för provtagning	Dygn	RF (%) Ytprov 0-20 mm	RF (%) Mittprov 20-40 mm	RF (%) Bottenprov 40-55 mm	RF (%) Hel kärna 0- 55 mm
120224	0				100
120314	19	98,1	98,2	98,7	98,1
120403	39	94,4	97,5	98,1	98,3
120425	61	88	98,1	98,2	98
120514	80	80,9	93,2	96,1	94,8
120604	101	65,2	80,4	83,4	81,6

Tabell 1: Mätning av RF på uttagna prov.

Mätresultaten redovisas i nedanstående diagram för att åskådliggöra uttorkningen på olika nivåer jämfört med hel kärna.

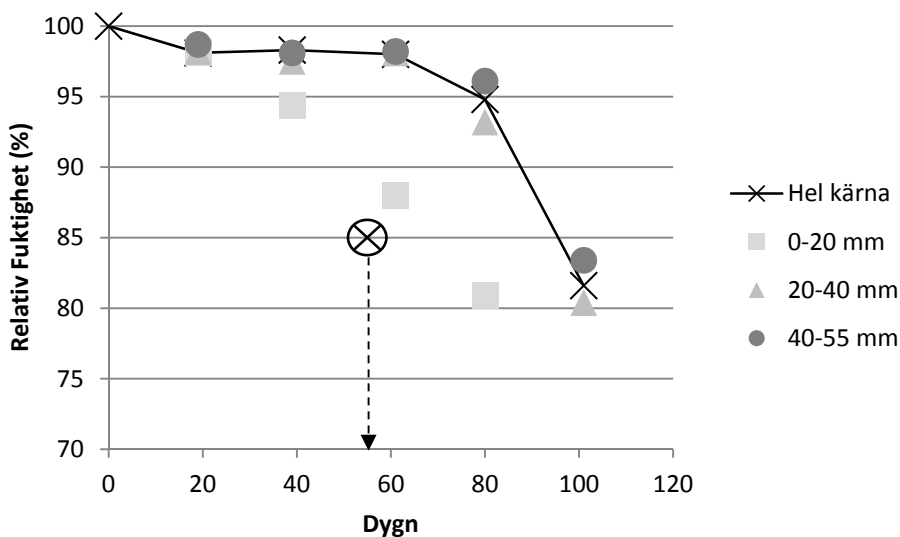


Diagram 4: 55 mm normaltorkande avjämningsmassa på distansmatta. Enligt leverantörens anvisningar skall RF vara 85% på uttagen kärna efter 55 dygn enligt markering med ⊗.

### Slutsatser

Resultatet av mätningarna innebar att uttorkningstiden var ca 90 dygn istället för 55 dygn som leverantören angav. Följande slutsatser kan dras av resultaten:

- Uttorkningstiden var väsentligt längre än vad leverantören angav.
- Temperaturen i lokalen varierade mellan 10-20°C under torktiden, vilket är vanligt på byggarbetsplatser men försenar uttorkningen.
- RF för hel kärna följer RF i avjämnings skikt under mittnivån.
- RF ligger mellan 94-100% RF under de första 80 dyggen.
- Mellan dygn 80 till 100 faller RF snabbt, från 95% till 82%.



## Fältstudie 2: Örebro

### Uttorkningstider för normaltorkande avjämning på HDF-bjälklag

#### Syfte med fältstudie 2

Syftet vara att studera hur torktiderna kontrolleras i ett komplext byggprojekt med många golvtyper.

- Hur sker valet av avjämningsprodukt?
- Hur stämmer olika mätmetoder med varandra?

#### Projektbeskrivning

Stort objekt i 3 plan med minst 7 olika golvtyper, där uppbyggnaden enligt ritningar hade avjämningsskikt på: 50 - 100 mm på HDF-bjälklag. HDF består av betong med relativt hög kvalitet och lågt vct-tal, vilket innebär ett relativt tätt underlag.

Från start var självtorkande produkter valda till kritiska konstruktioner, dvs konstruktioner som inte bedömdes få erforderlig torktid. Efter möten med fuktsakkunniga och mättekniker förändrades det enligt:

- Konstruktionsuppbyggnad med max 53 mm avjämningsskikt.
- Produktsvalet ändrades till normaltorkande produkter som skall torka ner till 85% RF och kontrollmätas före limning av golvbeläggning.

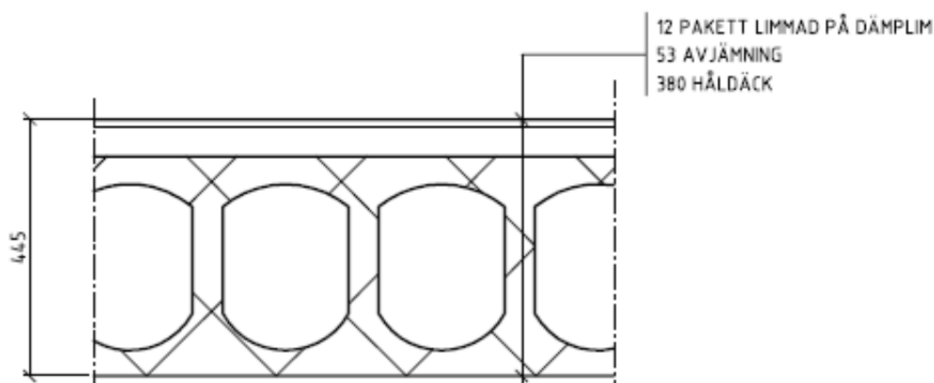


Bild 2: Exempel på konstruktionsuppbyggnad.

Avjämningsens tjocklek var vid provtagning som mest 57 mm, då slutmätning gjordes på 8 st uttagna borrhärnor.

I projektet var planeringen avseende uttorkning av avjämningskomplex, då det förekom många variabler:

- *Tre olika våningsplan med olika tidsförskjutning.*
- *Olika torkklimat per plan.*
- *Olika golvhöjder på undergolv.*
- *Olika konstruktionstyper.*

Därmed var det viktigt att välja rätt mätpunkter, så att de mest kritiska förhållandena kontrollerades.

## ***Resultat***

Mätning har utförts med tre metoder:

1. *Borrhålmätning med Vaisala, avläsning ca 1 gång per månad.*
2. *Uttag av prov enligt GBR:s branschstandard med hel borrhärna.*
3. *Loggning med inborrade givare, OBCO mätsystem med fjärravläsning.*

### *Borrhålmätning*

Borrhålmätning gjordes som trendmätning i samma borrhål, vilket kan påverka uttorkningen i mätpunkten. Mätresultaten gav dock en god uppfattning om torkförloppet och för risken om det förekom höga fukttillstånd. Nedan visas ett exempel på hur uttorkningsförloppet följdes i en mätpunkt.

## 42 mm Normaltorkande, Weber 4310

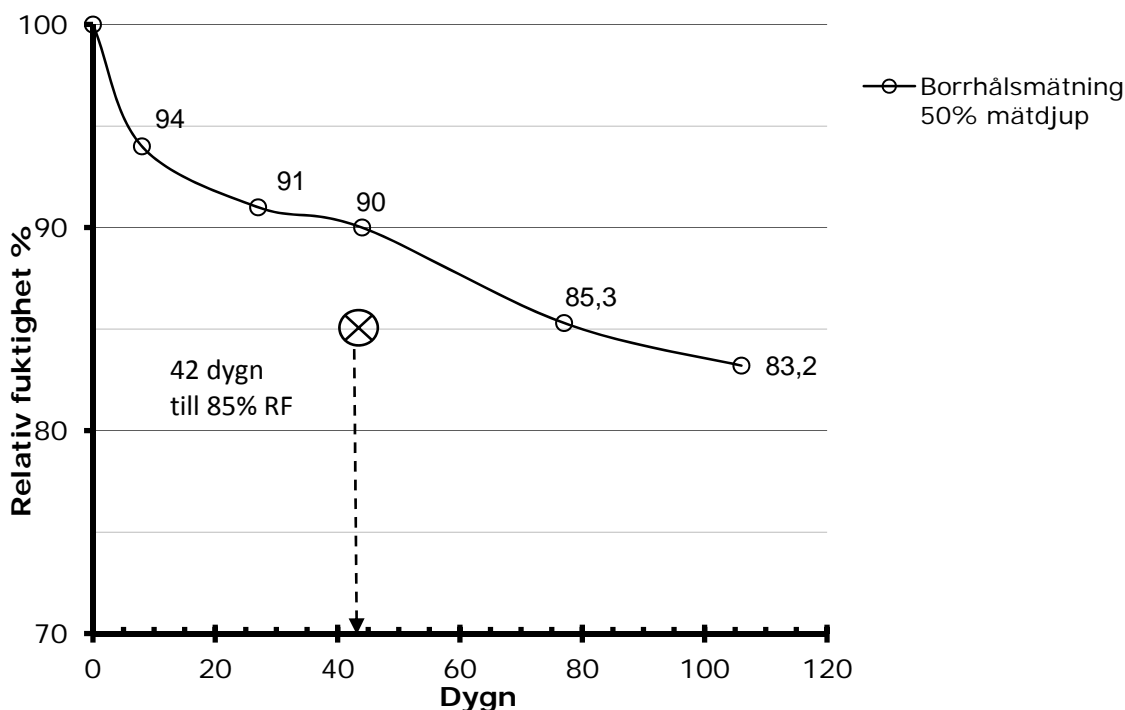


Diagram 5: Exempel på torkförlopp vid borrhålsmätning. Symbolen ⊗ visar uttorkningstid enligt leverantörens anvisningar.

Torktiden anges för produkten till 1 dygn/mm, vilket innebär 42 dygn. Verklig torktid var enligt diagrammet ungefär dubbelt så lång, dvs ca 80 dygn.

Uttag av prov intill mätpunkten visade 70% RF, efter 132 dygn. Torktiden var därmed säkerställd och rymdes i tidplanen.

### Loggning

I fem mätpunkter borrades givare för loggning in på ca 40% mätdjup i avjämningen. Proben är endast 8 mm och monterades i ett 10 mm borrhål som borrades i 45° vinkel ner i avjämningen. Hålet tätades i ovkant borrhål med tätmassa.

En fördel med systemet är att det fjärravläses och kan följas via hemsida på internet. Mätproberna kan enkelt flyttas runt och monteras där behov av kontroll finns. Resultaten har varit experimentella för att testa metoden för olika provdjup och monteringsätt.

Temperaturen i bjälklaget loggas samtidigt, vilket visade sig vara en viktig parameter att följa och kunna påverka. Om torkklimatet i lokalen är bra, dvs temperatur kring 18°C och välventilerat, är detta ingen garanti för att torkningen är god. Om temperaturen i bjälklaget är lägre pga låg temperatur i lokalen under blir uttorkningen avsevärt försämrad. Detta är vanligt förekommande exempelvis då det finns källare eller kryprund under bjälklaget.

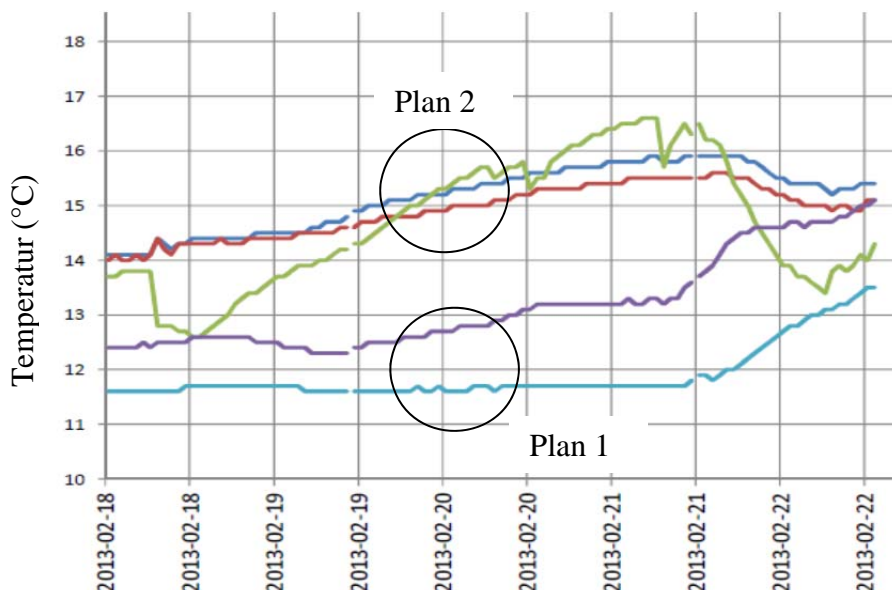


Diagram 6: Temperaturkurvor som visar loggning av temperaturen i bjälklaget.

Enligt diagrammet ligger temperaturen i avjämningskiktet på mellan 12 och 16°C under perioden 18 – 22 februari. Temperaturen i lokalen har under tiden loggats till att ligga relativt stabilt på mellan 15 och 20°C. Vintertid kan det vara vanligt att det tar tid att få upp temperaturen i bjälklagen om de varit nerkylda tidigare.

Mätresultaten från loggningen saknar tyvärr sammanhängande längre mätperioder. I nedanstående diagram har resultatet från två mätpunkter redovisats förenklat genom enstaka mätvärden att plockats ut vart 5:e dygn. Syftet är att visa vad loggningen ger för information som kan vara användbar för tolkningen av torktider.

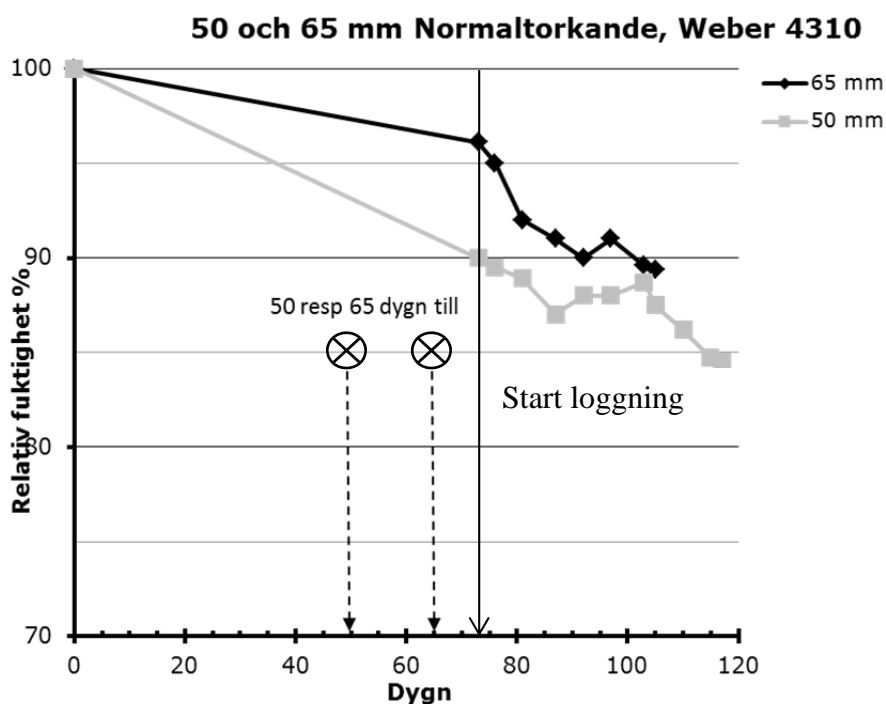


Diagram 7: Exempel på resultat av loggning med givare inborrade på 40 % mätdjup.

Resultatet visar att torktiden är längre än förväntat och att uttorkning till 85% RF tar ca 120 dygn, istället för leverantörens angivna tider på 50 respektive 65 dygn.

### Slutsatser

Resultatet av mätningarna visade att uttorkningstiden var längre än vad leverantören angav. Följande slutsatser kan dras av resultaten:

- Uttorkningstiden var ca 2 dygn per mm, istället för 1 dygn per mm avjämning, dvs dubbel så lång tid till 85% RF.
- Trendmätning genom borrhålmätning eller loggning ger värdefull information om när uttorkningen närmar sig godkända värden.
- Trendmätning bör göras på minst 50% mätdjup för att vara stabil och motsvara resultatet av uttagna prov av hel borrhärna.
- Temperaturmätning i bjälklaget är en viktig parameter för uttorkningsförutsättningarna. Mätning i bjälklaget säger mer än mätning i lokalen.

## 5 Resultat av laboratoriestudier

### *Försök 1 – "Självtorkningseffekt"*

#### *Testmetod*

Självtorkande egenskaper innebär att produkten har ett överskott av bindemedel i förhållande till vatten. Även efter att ett tätskikt applicerats på ytan fortgår hydratationen som innebär att vatten fortsätter att bindas kemiskt i produkten så att det fria vattnet och den relativa fuktigheten sjunker även efter läggning av tätskikt.

För att testa denna effekt har avjämning gjutits i plastbackar som förslutits efter olika lång torktid. Uttag av prov för bestämning av RF har gjorts vid stängning av backen och efter 6 månaders självtorkning med stängt lock. Skillnad i RF visar hur mycket fortsatt självtorkning bidragit till att sänka RF.

Principen för test av en produkt har varit följande:

1. Fyra backar gjuts samtidigt med 50 mm avjämning.
2. Efter uttorkning under bestämd tid görs följande moment:
  - Efter 3 dygn - Back nr 1:*
    - RF bestäms genom uttag av prov.
    - Logger placeras i backen.
    - Lock monteras.
  - Efter 1 vecka - Back nr 2:*
    - RF-prov, logger och lock enligt ovan.
  - Efter 5 veckor - Back nr 3:*
    - RF-prov och lock enligt ovan.
  - Efter 10 veckor – Back nr 4:*
    - RF-prov och lock enligt ovan.
3. När 6 månader gått öppnas varje back för bestämning av RF genom uttag av prov. Loggern töms för registrering av klimatet i backen under den tid den varit stängd. (Har endast använts i backar som förslutits efter 3 dygn och 1 vecka.)

Kommentar: Förslutning av backen med lock skall motsvara läggning av tätskikt på avjämningen. Hur tät fogen varit har inte kontrollerats, men ett mätfel genom att fukt diffunderar ut denna väg tillgodoräknas som en överskattning av självtorkningseffekten.



*Bild 3: Förvaring av provbackar under 6 månader i rumsklimat.*

### **”Självtorkningseffekt”**

Alla resultat från uttagna prov finns redovisade i diagramform i bilaga 1.

För att redovisa och tydliggöra vilken ”självtorkningseffekt” avjämningarna uppvisat för 50 mm självtorkande avjämning har följande tabell sammanställts:

<b>50 mm avjämning/ torktid</b>	<b>RF (%)</b> <b>Då backen förslöts</b>	<b>RF (%)</b> <b>Efter 6 mån</b>	<b><math>\Delta</math> RF (%)</b> <b>"Självtorkning" under 6 mån</b>
Avj 1 / 3 dygn	95,6	90,1	-5,5
Avj 1 / 1 vecka	95,4	90,0	-5,4
Avj 1 / 5 veckor	91,7	83,3	-8,4
Avj 1 / 10 veckor	85,0	-	-
Avj 2 / 3 dygn	96,0	95,1	-0,9
Avj 2 / 1 vecka	95,5	95,1	-0,4
Avj 2 / 5 veckor	91,9	79,0	-12,9
Avj 2 / 10 veckor	82,4	-	-
Avj 3 / 3 dygn	96,8	95,0	-1,8
Avj 3 / 1 vecka	96,4	95,3	-1,1
Avj 3 / 5 veckor	95,5	88,4	-7,1
Avj 3 / 10 veckor	88,7	-	-
Avj 4 / 3 dygn	95,8	90,1	-5,7
Avj 4 / 1 vecka	95,9	90,0	-5,9
Avj 4 / 5 veckor	91,8	83,3	-8,5
Avj 4 / 10 veckor	81,8	-	-
Avj 5 / 3 dygn	95,7	95,3	-0,4
Avj 5 / 1 vecka	95,5	95,2	-0,3
Avj 5 / 5 veckor	94,8	87,2	-7,6
Avj 5 / 10 veckor	82,1	-	-

Tabell 2: I tabellen redovisas resultatet av RF-förändringen,  $\Delta$  RF (%), under den tid provback med 50 mm självtorkande avjämning varit stängd.

Tre olika fabrikat har testats. Avj 1 är samma produkt som Avj 4, och Avj 3 är samma som Avj 5, men gjutna 2 månader senare. Resultaten är relativt lika mellan de båda provomgångarna.

#### Slutsatser:

- Produkter som torkar 3 dygn eller 1 vecka kan inte påvisas ha en tillräcklig "självtorkningseffekt" efter förslutning av back med denna provningsmetod. "Självtorkningseffekten" har varit mellan 0,3 – 5,9 % RF.
- Fukttillståndet efter 6 månader för produkter som torkat 3 dygn och 1 vecka ligger på mellan 90,0 – 95,5% RF.



- Fukttillståndet i produkten vid uttaget prov efter 3 dygn och 1 vecka ligger högt för samtliga testade produkter på 95,4 -96,8%, dvs kring 96% RF.
- Efter 5 veckors torktid ligger RF på 91,7 – 95,5%, dvs några procent lägre.
- Efter 10 veckors uttorkning är 4 av 5 prov under 85% RF.

Nedan redovisas försöket utfört med 40 mm självtorkande avjämning:

40 mm avjämning/ torktid	RF (%)	RF (%)	$\Delta$ RF (%)
	Då backen förslöts	Efter 6 mån	"Självtorkning" under 6 mån
Avj 1 / 3 dygn	95,5	91,5	-4,0
Avj 1 / 1 vecka	93,3	84,2	-9,1
Avj 1 / 5 veckor	84,6	-	
Avj 1 / 10 veckor	84,4	-	
Avj 2 / 3 dygn	95,7	94,0	-1,7
Avj 2 / 1 vecka	95,2	90,3	-4,9
Avj 2 / 5 veckor	78,9	65,8	-13,1
Avj 2 / 10 veckor	<70	-	
Avj 3 / 3 dygn	95,8	93,8	-2,0
Avj 3 / 1 vecka	95,7	94,7	-1,0
Avj 3 / 5 veckor	84,1	74,2	-9,9
Avj 3 / 10 veckor	<70	-	

Tabell 3: I tabellen redovisas resultatet av RF-förändringen,  $\Delta$  RF (%), under den tid provback med 40 mm avjämning varit stängd.

Nya gjutningar med 40 mm avjämning gjordes i jämförande syfte. Avj1, 2 och 3 är av samma produkt som för 50 mm gjutningarna.

### Slutsatser

- Avj 1 visar på 9,1% självtorkning då backen förslutits efter 1 vecka och ligger då under förväntade 85% RF.
- Övriga visar alltför liten effekt av "självtorkning", då de ligger över 90% RF efter 6 månader.
- Efter 5 veckors initial torktid före förslutning av backen visar alla tre avjämningarna under 85% RF.

## Klimatmätning genom loggning i provback

Syftet med loggningen var att dels försöka visa vilken RF ett golvlum under tät golvbeläggning utsätts för från avjämningen, dels vilken självtorkningseffekt som kan påvisas.

Mätning gjordes med Tinytag datalogger för RF och temperaturmätning.

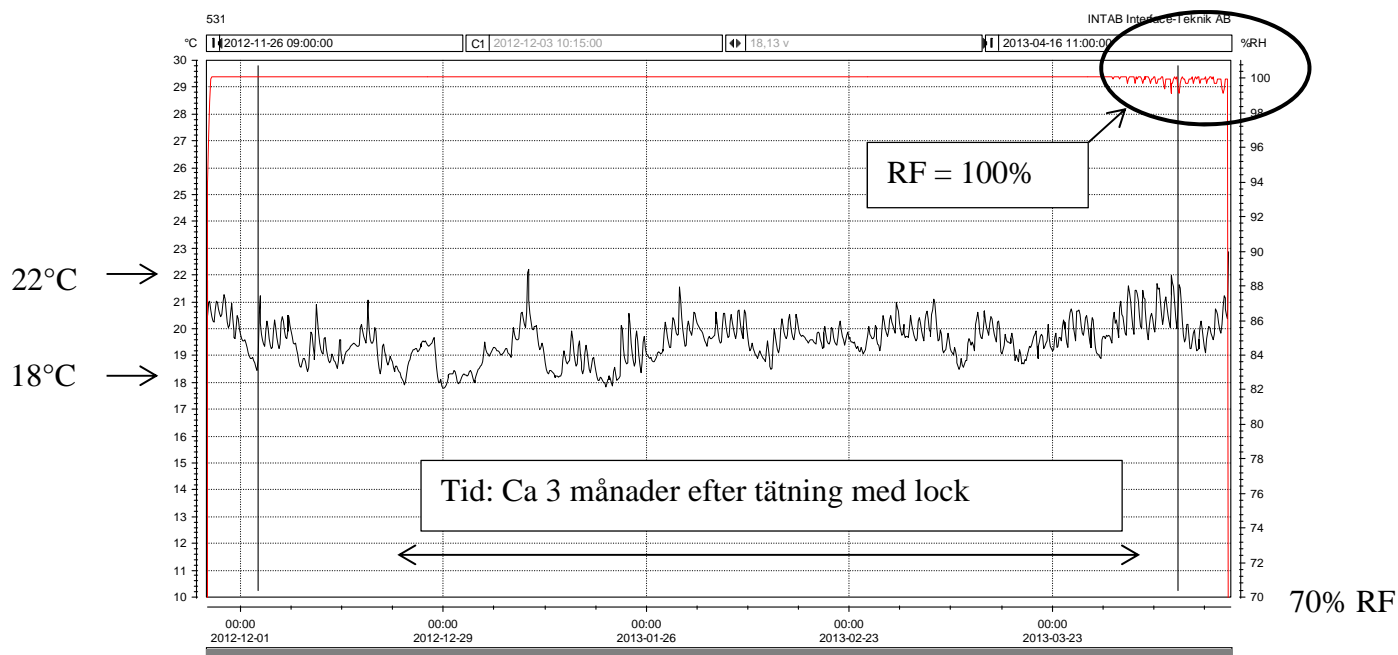


Diagram 8: RF- och temploggning under ca 3 månader i back som stängts efter 3 dygn.

Resultaten från loggningen i backar som stängts efter 3 dygn respektive 1 vecka visar alla samma resultat. RF ligger på 100% under hela mätperioden på 3 månader. Då RF ligger mellan 95% och 100% visar loggern 100%, eftersom mätfelet över 90% är stort och normalt inte klaras av med denna typ av mätinstrument.

Temperaturen i lokalen och därmed även i backen varierar kring 18-22°C.

### Slutsatser

- Loggningen enligt denna testmetod visar att ytan ovanför en självtorkande avjämning som beläggs med tätt lock efter 3 dygn eller 1 vecka har en hög RF motsvarande 95-100% RF.
- Ingen självtorkningseffekt påvisades med loggningen.

## **Försök 2 – Jämförelse mellan olika produkter**

Försöken har utförts parallellt med tre olika produkter av olika fabrikat. Skillnader i innehållet mellan produkter kan vara betydande. Dock anger alla fabrikat liknande beskrivningar av hur ”självtorkningseffekten” fungerar och att de är beläggningsbara efter 1-3 dygn oavsett tjocklek upp till 50 mm.

Vatteninnehållet varierar också mellan 4,0 liter till 5,0 liter per 25 kg material enligt:

- Ardex K75: 4,0 liter per 25 kg säck
- Weber 4320: 4,5 – 4,75 liter per 25 kg säck
- TM Rotavjämning K: 4,75 – 5,0 liter per 25 kg (omräknat från 20 kg säck)

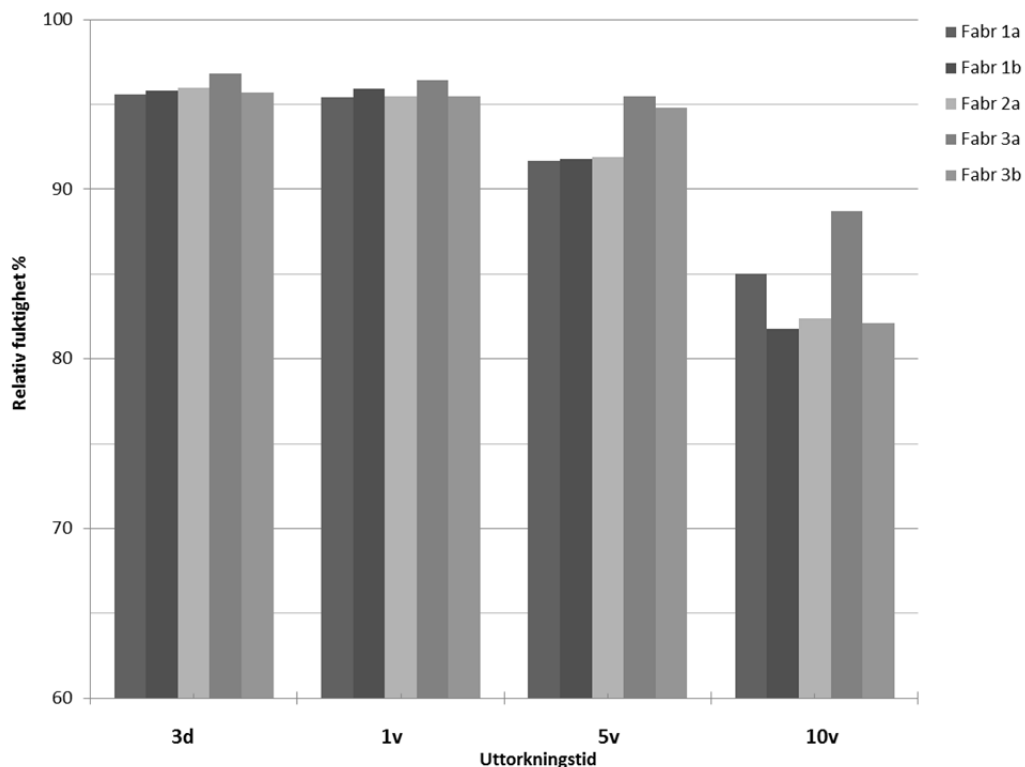
Det framgår inte av produktblad vilket innehåll av cement och bindemedel produkterna har som kan ställas i relation till vatteninnehållet.

### ***Uttorkningstider***

Jämförande prover har tagits i det redovisade försöket ovan efter 3 dygn, 1 vecka, 5 veckor och 10 veckor. Vid sammanställning av provformar med 50 mm självtorkande avjämning visar följande stapeldiagram jämförbara resultat avseende uttorkning före förslutning av provbackar.

## Jämförelse av 3 olika fabrikat, 50 mm

Uttag av hel kärna efter 3 d, 1 v, 5 v och 10 v



*Diagram 9: Resultat vid jämförelse av provtagning vid samma tidpunkt för olika självtorkande 50 mm tjocka avjämningar. (Benämning 1a, 1b respektive 3a, 3b betyder samma produkt men med resultat från två olika försök.)*

Resultatet visar en god överensstämmelse mellan olika produkter. Efter 5 och 10 veckors torktid är skillnaderna något större än initialt inom 1 vecka.

Vid gjutning av något tunnare avjämning i 40 mm skikt blir resultaten enligt diagram nedan:

## Jämförelse av 3 olika fabrikat, 40 mm

Uttag av hel kärna efter 3 d, 1 v, 5 v och 10 v

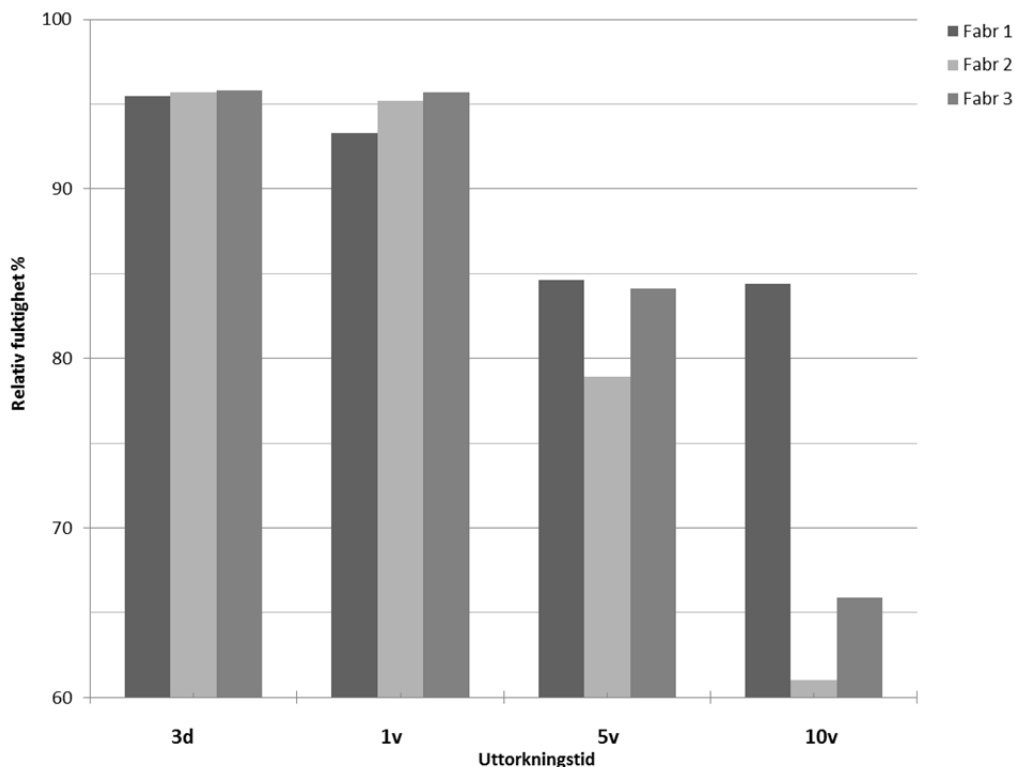
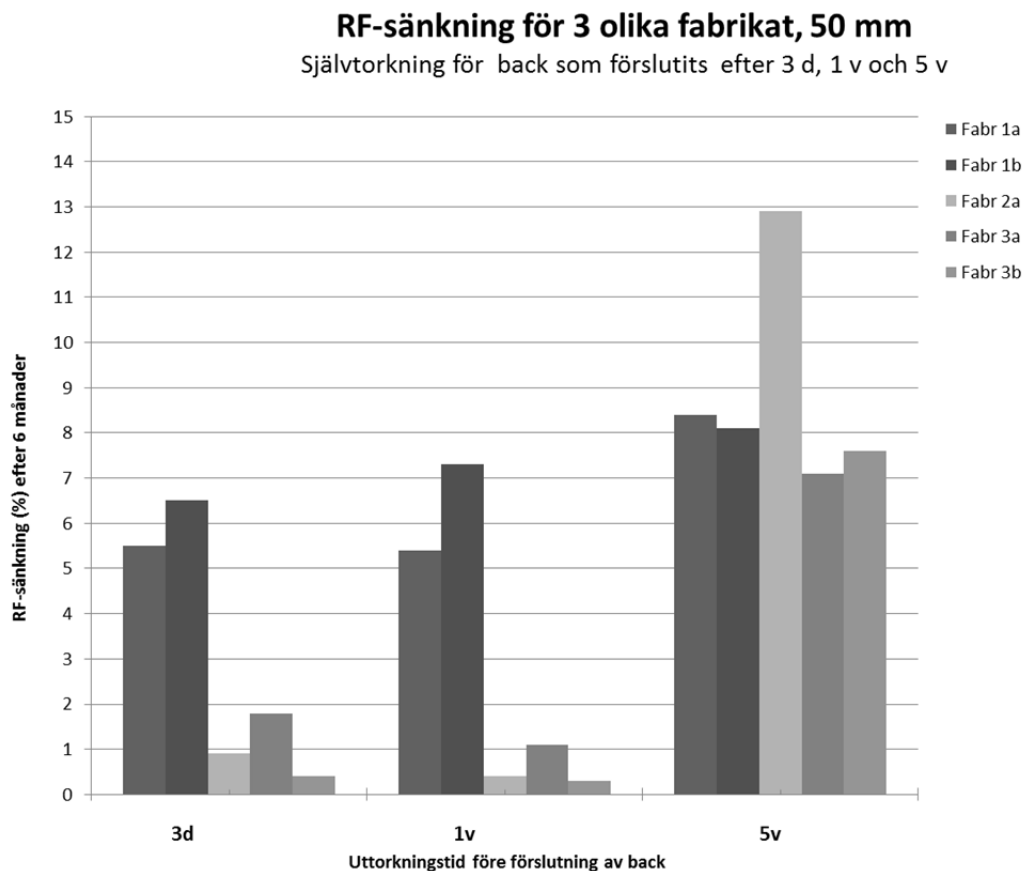


Diagram 10: Resultat vid jämförelse av uttorkning vid samma tidpunkt för olika 40 mm tjocka självtorkande avjämningsar.

Efter 3 dygn och 1 veckor är skillnaderna mellan produkterna marginella. Efter 5 och 10 veckors torktid ökar skillnaderna mellan produkterna.

### ”Självtorkningseffekt”

Skillnaderna mellan RF då backen förslöts jämfört med 6 månader senare, utgör en uppskattning av den självtorkning som sker hos produkten. Vid jämförelse mellan produkterna har följande diagram sammanställts:



*Diagram 11: I diagrammet redovisas förändringen av RF, "själtorkningen", från försluten back till 6 månader senare. (Benämning 1a, 1b respektive 3a, 3b betyder samma produkt men med resultat från två olika försök.)*

För backar som förslutits efter 3 dygn och 1 vecka framgår en tydlig skillnad mellan produkterna. Fabrikat 1 ger 5-7% sänkning av RF, medan fabrikat 2 och 3 endast ger ca 1% RF-sänkning. Dock räcker inte denna själtorkning för fabrikat 1 att nå ner till 85% RF, eftersom RF vid förslutning av backen är ca 96% RF.

Liknande diagram har gjorts för att jämföra själtorkningen för 40 mm avjämning.

## RF-sänkning för 3 olika fabrikat, 40 mm

Självtorkning för back som förslutits efter 3 d, 1 v och 5 v

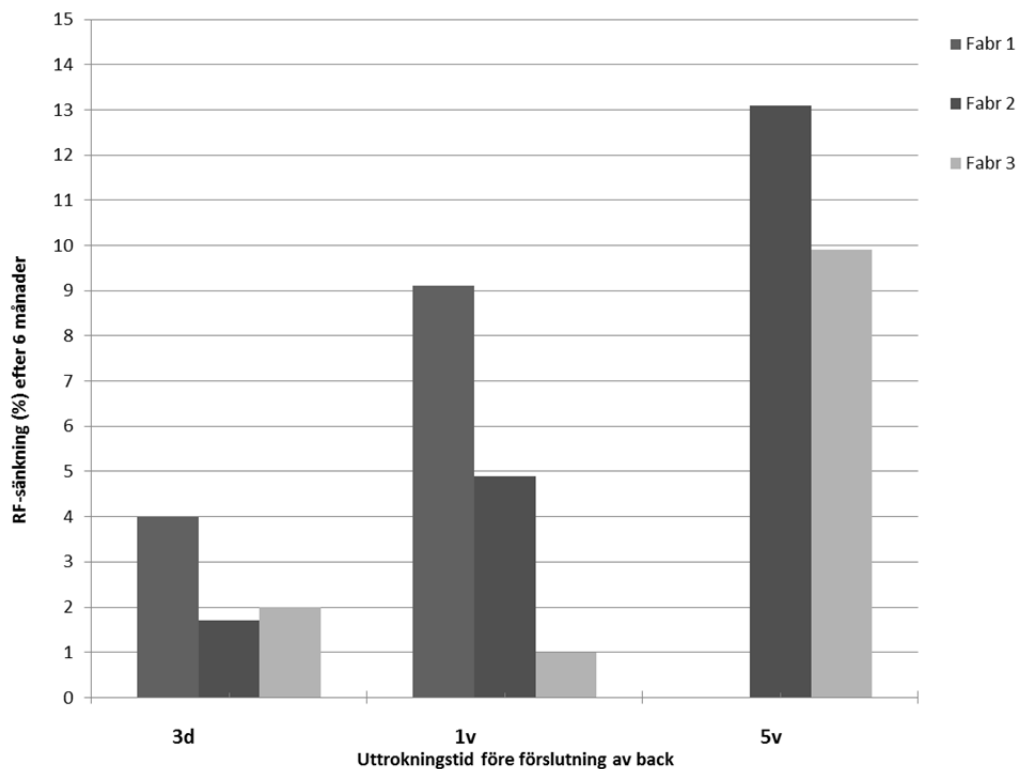


Diagram 12: I diagrammet redovisas förändringen av RF, "självtorkningen", från försluten back till 6 månader senare.

Resultatet för 40 mm avjämning visar inte en lika tydlig skillnad mellan fabrikat 1 och de båda andra fabrikat 2 och 3. Det framgår att det finns en skillnad som kan ha betydelse för risken för känsliga ytmaterial som läggs på avjämningen.

## Försök 3 – Betydelsen av olika fuktiga betongunderlag

Ovanstående resultat avseende test av självtorkning har skett på tätt underlag, i provbackar av plast, utan fuktutbyte neråt.

I normalfallet gjuts avjämning på ett underlag som kan avge eller ta upp vatten genom kapillärsugning eller diffusion. Underlaget skall alltid primas, vilket till viss del hindrar kapillärsugning men tillåter diffusion.

I leverantörers anvisningar avseende torktider framställs krav på att underlaget skall vara uttorkat till en nivå under 85% RF. Sannolikt för att torktiderna skall garanteras och inte riskera uppfuktas av underlaget.

### Testmetod

För att testa vilken betydelse ett betongunderlag har och för att jämföra vad som sker i förhållande till ett tätt underlag har samma försöksmetod använts som beskrivits ovan. Dock med den skillnaden att det först gjutits en 50 mm tjock betong på botten i provbacken som tillåtit torka ut till ca 85% RF respektive till ca 70% RF.

Därefter har underlaget primats enligt läggningsanvisningar och dagen efter har avjämning gjutits ovanpå betongen. Efter visst antal dygns torktid (3 dygn, 1 vecka, 5 veckor och 10 veckor) har backens avjämning provtagits varefter lock monterats.



Bild 4: Avjämning på betongunderlag.



## **Fuktmätning i betongunderlag**

Betongen har gjutits på betongstationen av Sydsten och är av kvalitet C 30/37 med vct 0,50. Betongen gjöts den 12 september 2012.

Inför avjämnning på ”85%-betong” den 2 oktober uppmättes RF i uttagna betongprov till:

- *Ytprov 0-20 mm = 75,0 % RF*
- *Mittprov: 20-40 mm = 85,4% RF*
- *Bottenprov: 40-50 mm = 86,9% RF*

Inför avjämnning på ”70%-betong” den 9 november uppmättes RF i uttagna betongprov till:

- *Ytprov 0-20 mm = 58,7 % RF*
- *Mittprov: 20-40 mm = 76,7% RF*
- *Bottenprov: 40-50 mm = Mätfel*

## **”Själv-torkningseffekt”**

Alla resultat från uttagna prov finns redovisade i diagramform i bilaga 2.

För att redovisa och tydliggöra vilken ”själv-torkningseffekt” avjämnarna uppvisat för 50 mm själv-torkande avjämnning på betong med ca 85% RF har följande tabell sammanställts:

<b>50 mm avjämnning på ”85%-betong” / torktid</b>	<b>RF (%) Då backen förslöts</b>	<b>RF (%) Efter 6 mån</b>	<b><math>\Delta</math> RF (%) ”Själv-torkning” under 6 mån</b>
Avj 1 / 3 dygn	94,8	89,0	<b>-5,8</b>
Avj 1 / 1 vecka	94,0	84,6	<b>-9,4</b>
Avj 1 / 5 veckor	88,2	80,9	<b>-7,3</b>
Avj 1 / 10 veckor	81,1	-	
Avj 2 / 3 dygn	95,9	90,4	<b>-5,5</b>
Avj 2 / 1 vecka	95,7	91,6	<b>-4,1</b>
Avj 2 / 5 veckor	88,7	71,4	<b>-17,3</b>
Avj 2 / 10 veckor	77,3	-	

*Tabell 4: I tabellen redovisas resultatet av RF-förändringen,  $\Delta$  RF (%), under den tid provback med 50 mm avjämnning gjuten på betong med ca 85% RF varit stängd.*

Avjämnning gjordes med två olika produkter som uppvisar relativt lika förhållanden.

Betongunderlaget har en viss fuktupptagningsförmåga, eftersom RF i betongens ytskikt 0-20 mm är 75% RF och undre skikten kring 85% RF.

### Slutsatser

- Resultaten visar att det trots läggning på betongunderlag inte sker erforderlig uttorkning ner till 85% RF efter 6 månader vid förslutning av provback efter 3 dygn. Vid mätning efter 6 månader är fuktnivån 89,0 respektive 90,4% RF.
- Självtorkningseffekten för avjämning som förslöts efter 1 vecka visade 84,6% respektive 91,6% efter 6 månader. Detta tyder på att fuktnivån kan variera avsevärt efter 6 månader beroende på fabrikat och övriga faktorer.
- Efter 5 veckors torktid var RF ca 88% före förslutning, vilket kan jämföras med avjämning på tätt underlag som då hade en fuktnivå för samma produkter efter 5 veckor på 92-95% RF. Lägre RF kan tolkas som omfördelning av fukt till underlaget.

Liknande redovisning för avjämning på betong med ca 70% RF visar:

<b>50 mm avjämning på "70%-betong" / torktid</b>	<b>RF (%) Då backen försluts</b>	<b>RF (%) Efter 6 mån</b>	<b><math>\Delta</math> RF (%) "Självtorkning" under 6 mån</b>
Avj 1 / 3 dygn	95,8	80,2	<b>-15,6</b>
Avj 1 / 1 vecka	95,6	75,8	<b>-19,8</b>
Avj 1 / 5 veckor	89,0	-	
Avj 1 / 10 veckor	79,1	-	
Avj 2 / 3 dygn	95,4	85,2	<b>-10,2</b>
Avj 2 / 1 vecka	95,5	82,8	<b>-12,7</b>
Avj 2 / 5 veckor	90,7	-	
Avj 2 / 10 veckor	70,5	-	

Tabell 5: I tabellen redovisas resultatet av RF-förändringen,  $\Delta$  RF (%), under den tid provback med 50 mm avjämning gjuten på betong med ca 70% RF varit stängd.

### Slutsats

- Fuktnivån sjunker tydligt i provbackar som förslutits efter 3 dygn och 1 vecka, med en RF vid förslutning av backen på 95-96%. Efter 6 månader har fuktnivån sjunkit med ca 10-20% RF, dvs kommit under kritiska nivåer för limning av golvbeläggning som är 85% RF.

## Klimatmätning genom loggning i provback

Även i provback där avjämning lagts på betong mättes RF genom loggning på avjämnings yta.

Syftet med loggningen var även här att dels försöka visa vilken RF ett golvlim under tät golvbeläggning utsätts för från avjämnningen, dels vilken självtorkningseffekt eller hur fuktfördelning mellan avjämning och betong påverkar avjämnings RF på ytan.

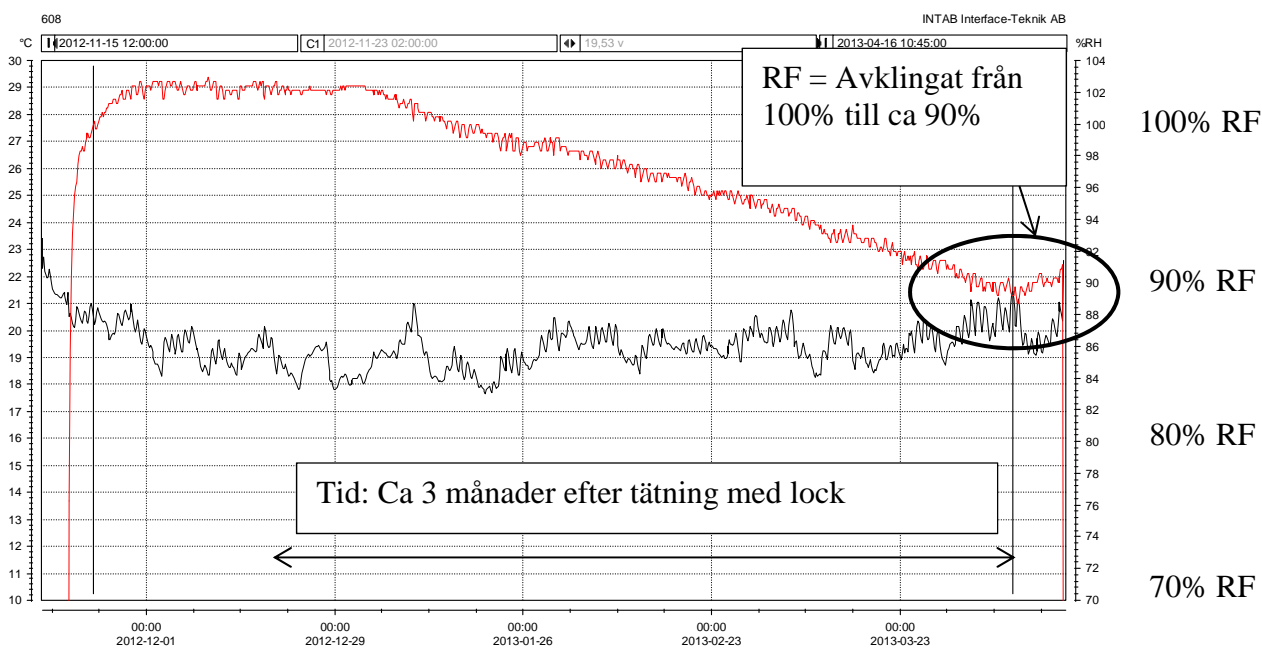


Diagram 13: RF- och temploggning under ca 3 månader i back som stängts efter 1v med 50 mm avjämning som lagts på torr betong motsvarande ca 70% RF.

Vid avjämning på en torr betong med ca 70% RF sjunker RF på avjämnings yta successivt från 100% till ca 90% RF efter 3 månader. Loggningen avbröts efter 3 månader. Uttaget prov efter 6 månader visade 82,8%, vilket tyder på fortsatt RF-sänkning genom omfördelning av fukt.

### Slutsatser

- Loggningen enligt denna testmetod visar att ytan ovanför en självtorkande avjämning som beläggs med tätt lock efter 1 vecka har en hög RF motsvarande 95-100% RF, även om avjämnningen läggs på ett uttorkat underlag av betong med motsvarande 70% RF.
- Omfördelningen av fukt mellan betong och avjämning medför att fuktillståndet i ytan enligt loggningen avklingar ner till ca 90% efter ca 3 månader. Efter 6 månader visar uttaget prov att avjämnings RF sjunkit till ca 80% RF.

## Försök 4 – Avjämnning på spånskiva

Mot bakgrund av att fukt riskerar stängas in i konstruktioner efter tidig applicering av tätskikt har även underlag av spånskiva på träbjälklag undersökts.

Syftet har varit att kontrollera hur fukttillståndet i en tjock avjämnning som läggs på spånskiva påverkar undergolvet:

1. Hur länge är fukttillståndet i avjämnningen förhöjt, jämfört med kritiskt fukttillstånd för spånskiva?
2. Hur mycket fuktas spånskiva och träbjälklag upp av avjämnningen under de första 6 månaderna?

### Kritiskt fukttillstånd

Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell påväxt på organiska material är enligt BBR 75% RF. Risken för skada styrs även av temperatur och varaktighet. Dessa parametrar är i de flesta fall gynnsamma i golv, dvs temperaturen motsvarar ofta 20°C och varaktigheten styrs av långsamma fuktförändringar i undergolvet.

Tillverkare av spånskivor skiljer på olika produkter vad avser kritiskt fukttillstånd. Nedanstående text är hämtad ur tillverkares monteringsanvisningar:

#### ” 1. Allmänt för V20- skivor

Trävita spånskivor sk V20- skivor är avsedda för användning i torra inomhusmiljöer d vs i klimatklass 0 och 1 enligt BKR, d v s upp till 65 % relativ luftfuktighet.

#### 2. Allmänt för V313-P5-skivor

Fukttåliga spånskivor s k V313-P5-skivor är avsedda för användning i klimatklass 0, 1 och 2 enligt BKR, dvs, upp till 80 % relativ luftfuktighet. Kortvarigt (max 4 veckor) kan högre relativ luftfuktighet tillåtas.”

Inget krav på spånskivans kvalitet framgår av avjämningsleverantörens anvisningar. Dock nämns att spånskivans fuktkvot ej får överstiga 12%, sannolikt pga risken för rörelseförändringar. Text från avjämningsleverantörs monteringsanvisning:

”Spånskivan måste ha en fuktkvot <12%.”

### Testmetod

En provyta motsvarande 0,6 m \*1,2 m av 22 mm golvspånskiva av normal V20-kvalitet skruvades i 45 \* 95 mm träreglar.

Ramen som utgör kant för avjämningen förseglades med aluminiumfolierad byggtejp för att förhindra uttorkning i sidled. Likaså monterades en plastfolie på undersidan av träreglar för att förhindra fukttransport neråt.

Självtorkande avjämning gjöts med 50 mm tjocklek enligt leverantörens anvisningar. Spånskivan primades först med 5 delar primer utspädd med 1 del vatten.



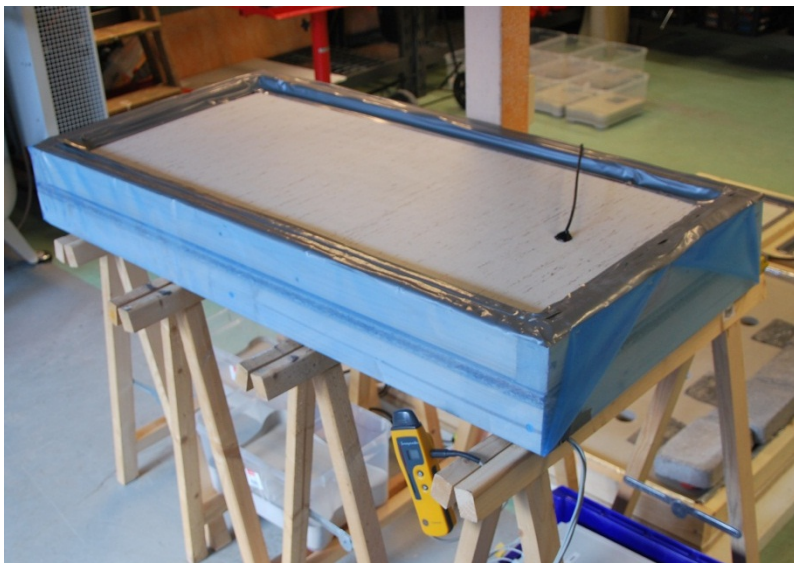
*Bild 5: Avjämning sker på primad spånskiva.*

Enligt anvisningar skall avjämningen vara beläggningsbar efter 3 dygn vid ett torkklimat på 20°C och 50% RF i lokalen, vilket uppfylldes. Efter 3 dygn limmades en homogen PVC-matta av Tarkett Eminent på avjämningen.

I spånskivan monterades ytgivare för resistiv mätning av fuktkvot som fuktindikation dels på undersidan av ytan dels med skruv mitt i skivan. Samtidigt loggades klimatet på undersidan av skivan ”i träbjälklaget” och i lokalen utanför.



*Bild 6: Montering av fuktkvotsgivare på undersidan av spånskivan. Givare som läser av i skivans mitt är monterade med ledande 12 mm långa skruvar, medan ytgivare är monterade mot ytan med plastskruv.*



*Bild 7: Färdig provuppställning med limmad PVC-matta och inborrade givare för kontinuerlig loggning.*

## **Resultat**

Gjutning utfördes den 19 mars och mattläggning den 22 mars.

Mätning av fuktkvot utfördes med kalibrerade givare för trä. Detta motsvarar inte spånskivans exakta fuktkvot då den har andra egenskaper avseende densitet och ledningsförmåga. Värdet benämns vidare här som ”fuktkvotsindikering”, nedan kallad ”Fki”, då den fungerar utmärkt som en indikering och används normalt bland skadeutredare för konstaterande av en skada. Värdet över 15% Fki brukar noteras vara förhöjda och vid 20% Fki bedöms normalt en allvarlig skada föreligga.

Loggerns mätområde startar vid 14% Fki, vilket gör att värden under registreras som 14% Fki.

Uttagna fuktprov från avjämningen efter 70 dygn visade:

- Mät djup 0 -20 mm = 92,4% RF
- Mät djup 20-40 mm = 91,9% RF

Uttagna fuktprov från avjämningen efter 146 dygn visade:

- Mät djup 0 -20 mm = 90,0% RF
- Mät djup 20-40 mm = 90,1% RF

Resultaten visar att fuktnivån i avjämningen efter 70 respektive 146 dygn fortfarande är förhöjd i förhållande till kritisk fuktnivå för spånskiva.

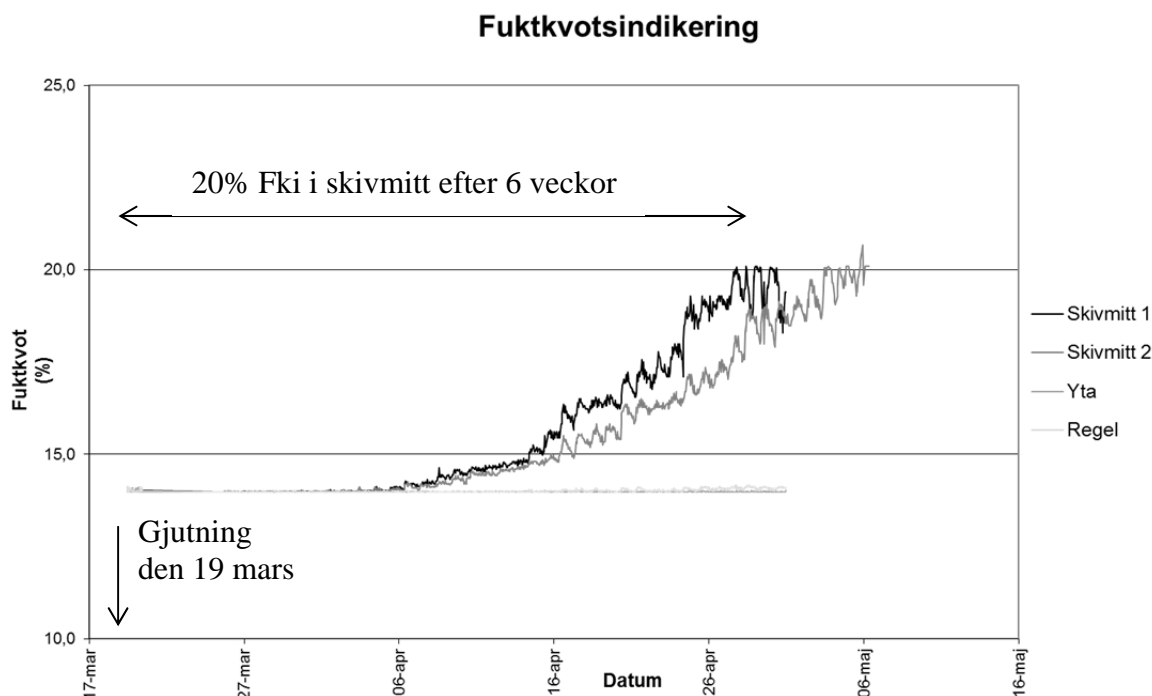


Diagram 14: Loggning av fuktkvotmätning som indikering av fukttillstånd i spånskiva, sk fuktkvotsindikering (Fki).

Tolkningar av diagrammet:

- Första mätbara fuktförändringen i spånskivans mitt över 14% Fki (loggerns lägsta mätvärde) kom den 6 april, dvs efter 18 dygn.
- Under 1 månad därefter steg värdet successivt från 14% till 20% Fki.
- Fuktkvotsindikering i spånskivans yta (på undersidan) och i regel har inte påvisat förhöjda värden.

Fuktprofil genom spånskiva har mätts upp med 2st isolerade spik som slagits in till olika mätdjup underifrån. Mätvärden har lästs av på olika djup i spånskivan. Denna typ av kontrollmätning har utförts med ca 1 månads mellanrum för att följa utvecklingen i djupled.

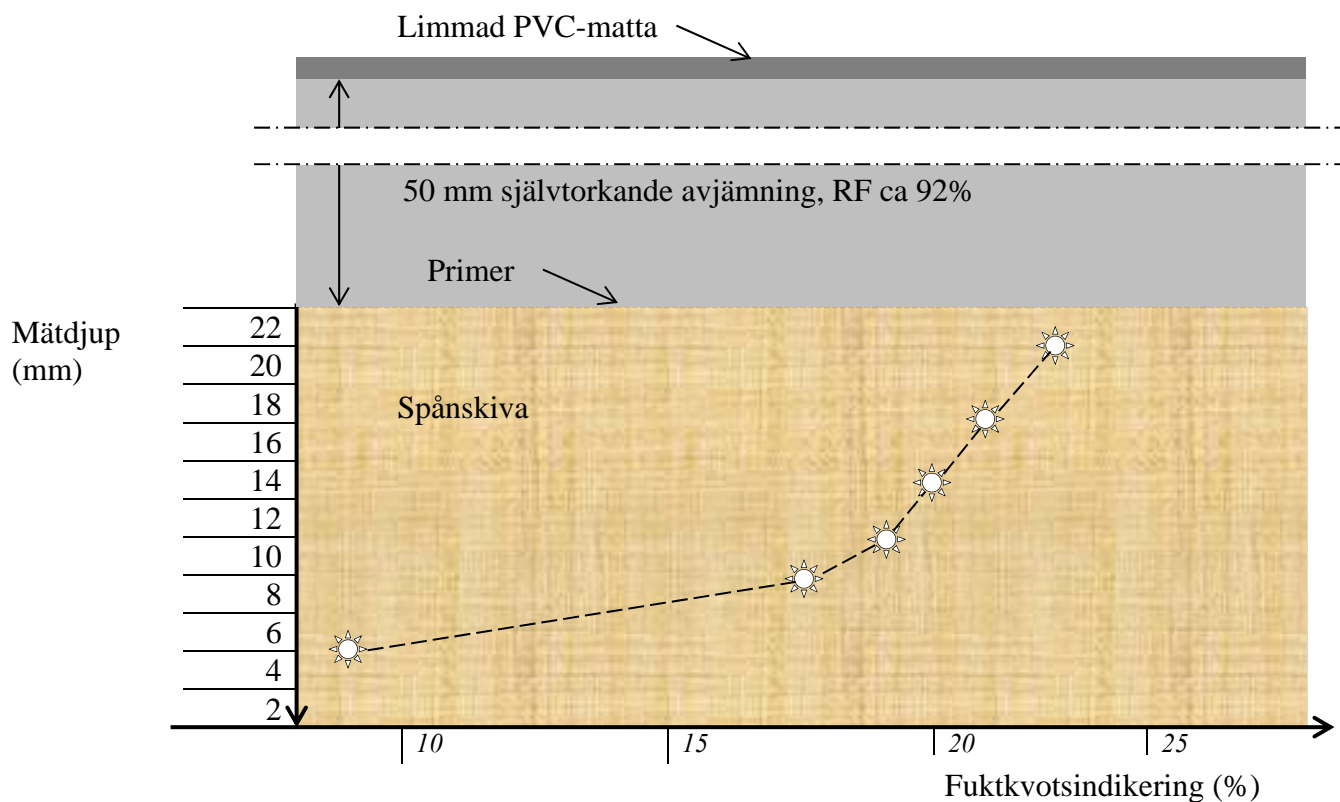


Diagram 15: Fuktkvotsindikering som profil genom spånskivan efter 100 dygn.

Redovisat resultat ovan visar att den fukt som finns kvar i den självvtorkande avjämningen fuktat upp spånskivan till över 20% Fki vid mätning efter 100 dygn. Fki på undersidans yta är dock inte förhöjd och underskrider 10% Fki.



Mät djupet i spånskivan verkar därmed helt avgörande. Av resultaten framgår inte om undersidan av spånskivan fortfarande är torr pga att avdunstning sker från ytan eller pga att fukt från avjämningen ännu inte hunnit diffundera genom hela spånskivan. En långtidsmätning kan eventuellt ge svar på detta.

### Slutsatser

- *Försöket har visat att spånskivan fuktas upp över dess kritiska fuktnivå under minst 5 månader (försökets längd).*
- *Avjämningen håller ca 90% RF och tillför fukt till spånskivan även 5 månader efter gjutning.*

## Försök 5 – Fuktpåverkan på lim och PVC-beläggning

Leverantörer anger att självtorkande produkter är yttorra vid limning av golvbeläggning och att limmet inte utsätts för förhöjt fuktillstånd över 85% RF.

Detta antagande bygger på att fortsatt hydrattation går så snabbt att omfördelning av fukt från avjämningen under, som håller 95% RF, är långsammare.

För att testa detta har självtorkande avjämningar gjutits och belagts med golvbeläggning efter 3 dygn. Syftet med försöken har varit att kontrollera fuktpåverkan under matta genom att följa fuktillståndet i avjämningens yta och i avjämningens mitt med loggning och uttagna prov.

### Testmetod

Provformar med format 0,5 \* 0,5 m har byggts med träreglar på spånskiva. Botten och sidor har belagts med tätskikt av aluminiumfolie, Dry-Top Metal.

50 mm självtorkande avjämning har gjutits. Efter 3 dygn har PVC-matta limmats respektive löslagts på avjämningarna. Mattkanterna har förseglats med bitumenband.

Uttag av prov har gjorts efter ca 3 veckor (22 dygn) respektive ca 5 månader (150 dygn).

Efter ca 1 vecka borrades RF-givare för loggning in i avjämningens mittskikt på 20-30 mm mätdjup. Samtidigt monterades givare mellan PVC-matta och avjämningens yta.

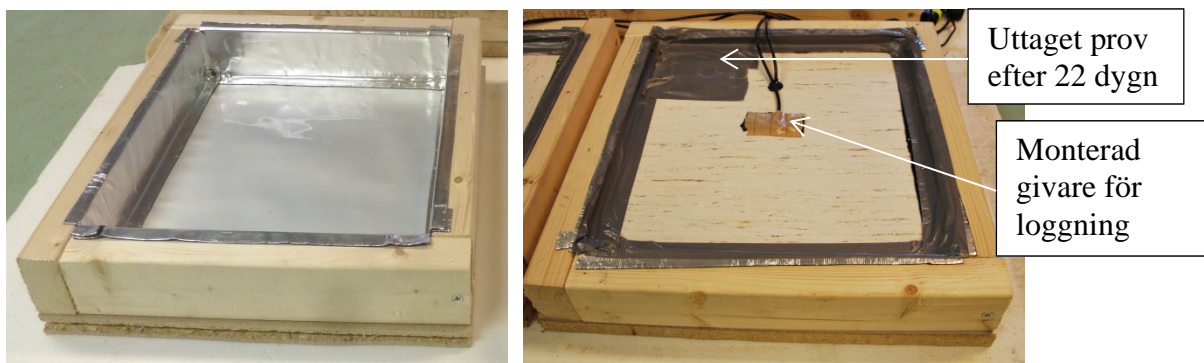


Bild 8, 9: Provform före igjutning tv, provform med limmad PVC-matta och monterade givare för loggning av RF.

### Resultat

Uttagna prov av avjämningen efter 22 respektive 150 dygn redovisas nedan:

<i>Moment</i>	<i>Med lim</i>	<i>Utan lim</i>
RF-prov efter 22 dygn 0-10 mm	92,6% RF	82,1% RF
RF-prov efter 22 dygn 10-50 mm	94,6% RF	95,8% RF
RF-prov efter 146 dygn 0-50 mm	94,3% RF	94,0% RF
RF-loggning: Under matta	92-98% RF	95-100% RF
RF-loggning: 20-30 mm	95-100% RF	95-100% RF

Tabell 6: Resultat från fuktmätning på uttagna prover och från loggning i avjämning som belagts med PVC-matta efter 3 dygn.

Resultatet från uttagna prov visar på att fukttillståndet i avjämningens mittskikt ligger högt efter 22 dygn och likaså efter 150 dygn.

En tydlig skillnad uppmättes av RF i ytan 0-10 mm efter 22 dygn, där avsaknad av lim sannolikt minskat RF i ytprovet. Om otätheter förekommer kring mattkant och borrhål för loggare är risken för påverkan större för mattläggning utan lim än med, eftersom luftskiktet under matta kan omfördela fukt snabbare. Detta kan eventuellt förklara låg RF i ytan vid mattläggning utan lim.

Nedan redovisas fuktmätningens resultat under de första fyra dygnen efter mattläggning:

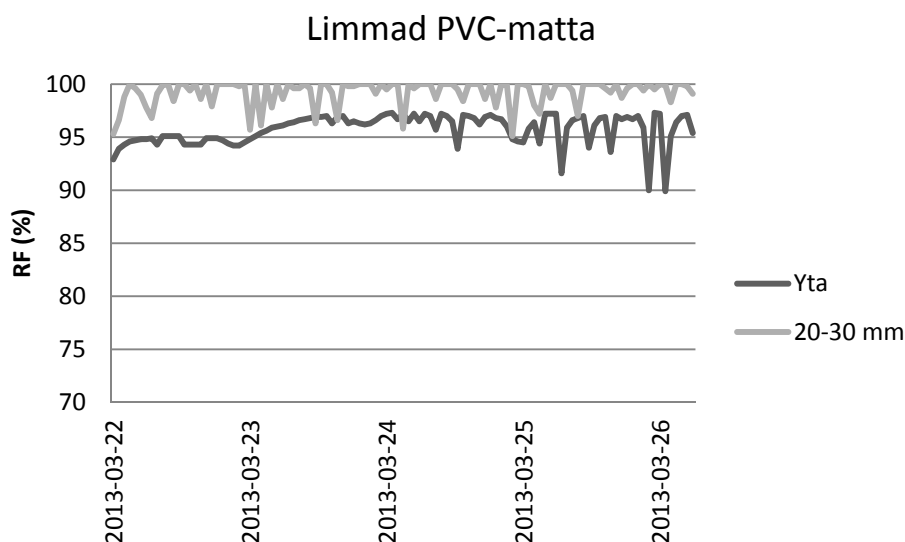
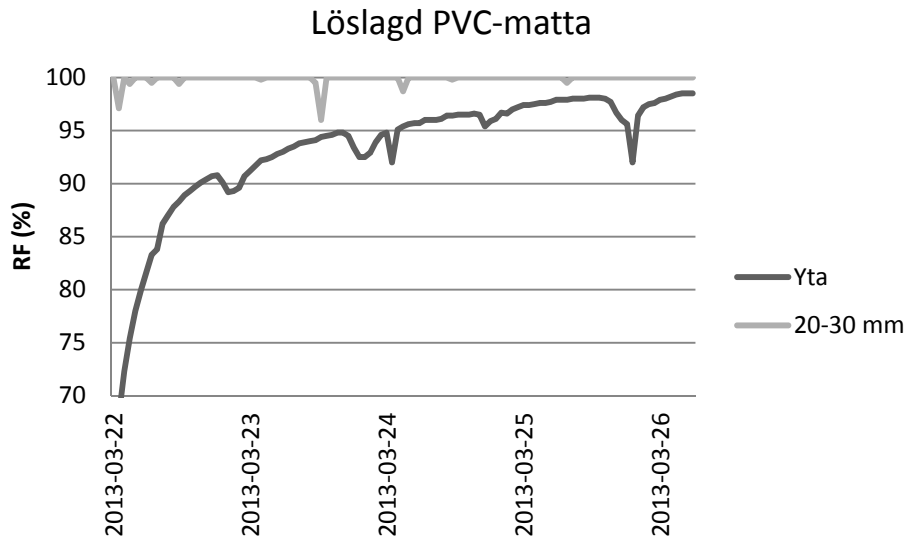


Diagram 16: Loggning av RF-nivån i avjämning med limmad PVC-matta. Diagrammet visar dygn 1-4 efter mattläggning, vilket motsvarar dygn 3-7 efter gjutning.

Loggning av RF på mätdjupet 20-30 mm har konstant visat 95-100% RF.

Loggning av RF i ytan har för limmad PVC-matta legat mellan 92-98% RF under 3 månader och har ingen tendens att avta. Vid start av loggning efter 3 dygn gick RF-nivån upp till 95% direkt enligt diagrammet ovan.

Nedan redovisas motsvarande diagram för loggning i avjämnning med löslagd PVC-matta:



*Diagram 17: Loggning av RF-nivån i avjämnning med löslagd PVC-matta. Diagrammet visar dygn 1-4 efter mattläggning, vilket motsvarar dygn 3-7 efter gjutning.*

För provformar med löslagd PVC-matta visar förloppet under den första veckan en successivt ökad RF i ytan enligt diagrammet.

Resultatet visar att RF-nivån under matta utan lim redan efter ca 2 dygn är över 95%, dvs fuktomfördelningen går relativt snabbt.

### Slutsatser

- RF i ytan har varit ca 95% under hela försöksperioden på 6 månader.
- Fuktnivån i ytan har i försöken visats vara 2-4% RF lägre (mätmetod med logger) jämfört med i avjämnningens mitt.
- Fuktomfördelningen är snabb, enligt loggning sker den inom några dygn.
- Limmet tillför ytterligare fukt till avjämnningen vilket visar sig genom att fuktnivån är hög i ytskiktet direkt efter limning, medan det tar ca 2 dygn att stiga över 95% RF vid lösläggning utan lim.
- RF i självtorkande avjämnning är efter 5 månader fortsatt hög, RF ca 94%, vid tidig mattläggning efter 3 dygn.

## 6 Forcerad uttorkning

Försök har gjorts för att testa hur uttorkningstiden kan forceras för tjocka skikt. Avsikten har varit att bedöma effekten av värmeförsel och läggning i skikt för att bedöma om dessa metoder kan rekommenderas.

### ***Försök 6 – Uttorkning med värmekabel***

För att påskynda uttorkning i betong används ibland värmekabel som gjuts in. Värmekabeln klipps av efter uttorkning och syftar inte till att utgöra golvvärme i byggnaden.

Ett flertal fabrikat finns på marknaden och i försöken har Ebeco 3,3 m slinga använts. Kabeln ger ifrån sig 130 W eller 38 W/m. Slingorna säljs som betonghärdslingor i syfte att påskynda uttorkningen av betong.

På samma sätt kan denna användas för tjocka skikt avjämnning. Värmeförseln blir relativt kraftig då den tillförs ett tunnare skikt på 30-50 mm, i jämförelse med betongkonstruktioner på 100-300 mm.

#### ***Testmetod***

Vid försöken har normaltorkande avjämnning använts, lagd i 50 mm tjockt skikt. Själv-torkande produkter skall normalt beläggas med tätskikt inom 1 vecka, medan normaltorkande skall tillåtas att torka ner till godkänd fuktnivå.

En form av spånskiva och träreglar har belagts med en relativt tät plastbelagd folie, Dry-Top Metal av fabrikat Stenplast AB. Folien är uppvikt och tätad utmed kanterna. Bottenytan är 1,0 m\* 1,1 m.

På ca 1 cm höjd över botten ligger värmekabeln med ett centrumavstånd på 200, 300 respektive 400 mm mellan slingorna. Syftet är att simulera tre olika grader av värmeförsel på avjämningskiktet. Värmekabeln tillför följande effekt omräknat per m<sup>2</sup> avjämnad yta:

- 200 mm avstånd ger 190 W/m<sup>2</sup>.
- 300 mm avstånd ger 125 W/m<sup>2</sup>.
- 400 mm avstånd ger 85 W/m<sup>2</sup>.

Normalt vid uttorkning av betong dimensioneras värmeförseln till 20 – 40 W/m<sup>2</sup>, vilket innebär att det i försöket tillförs hög värme för att maximera effekten av uttorkning.

Provtagning har gjorts genom uttag av prov varje vecka under 4 veckor. Samtidigt har RF och temperatur loggats kontinuerligt i varje fack med inborrade givare.

<i>Tidplan</i>	<i>Antal dygn efter gjutning</i>
Gjutning utfördes den 10 april 2013	0
Värmekabeln startades den 11 april	1
- <i>Uttag av prov 1 gjordes den 15 april</i>	5 (ca 1v)
- <i>Uttag av prov 2 gjordes den 22 april</i>	12 (ca 2v)
- <i>Uttag av prov 3 gjordes den 29 april</i>	19 (ca 3 v)
Värmekabeln stängdes av den 17 maj	37
- <i>Uttag av prov 4 gjordes den 22 maj</i>	42 (6 v)

Tabell 7: Tider för provtagning i provform med värmekabel.

Nedan visas provformen med värmekablar före avjämning.

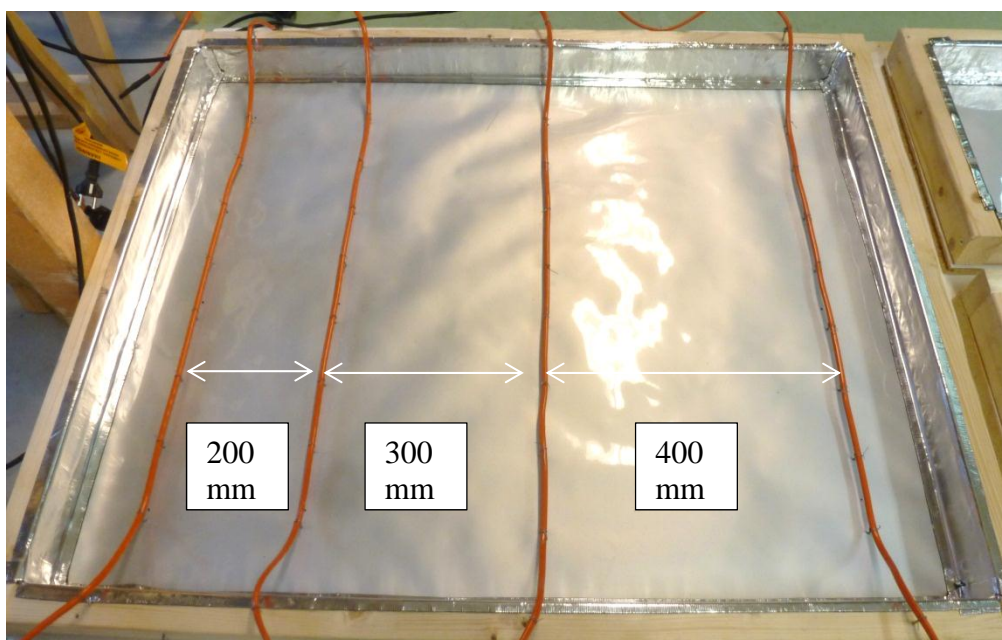


Bild 10: Provyta med värmekablar före gjutning.

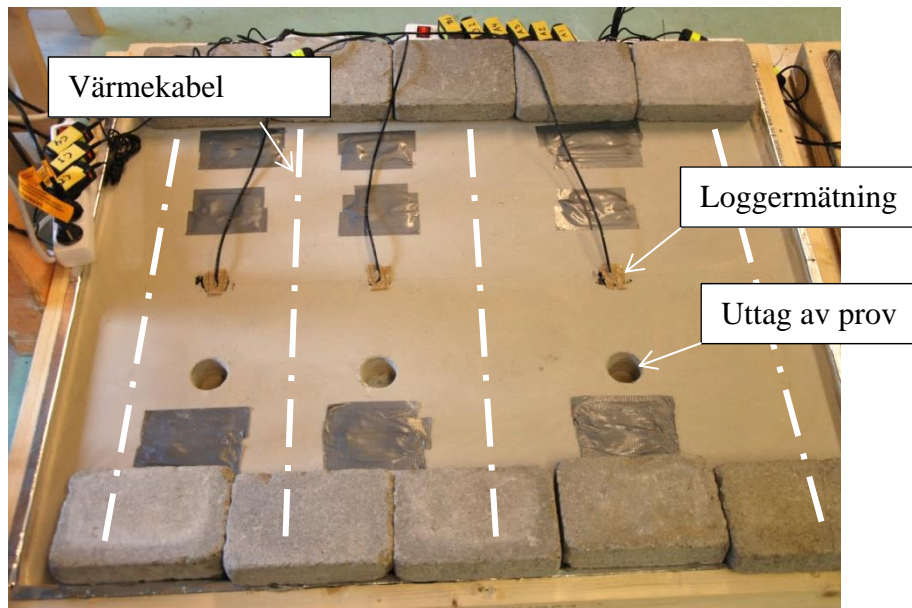


Bild 11: Provyta med värmekablar efter gjutning och provtagning i 50 mm normaltorkande avjämning.

## Resultat

Temperaturtillståndet avlästes med värmekamera, yttemperaturgivare och inborrade givare till logger.

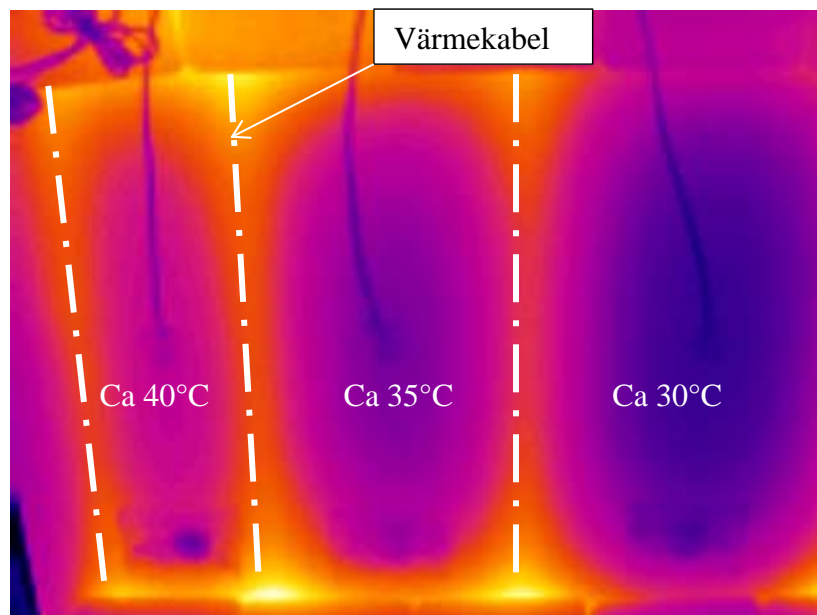


Bild 12: Termografering ovanifrån.

Loggad temperatur med inborrade givare visade mitt mellan kablarna:

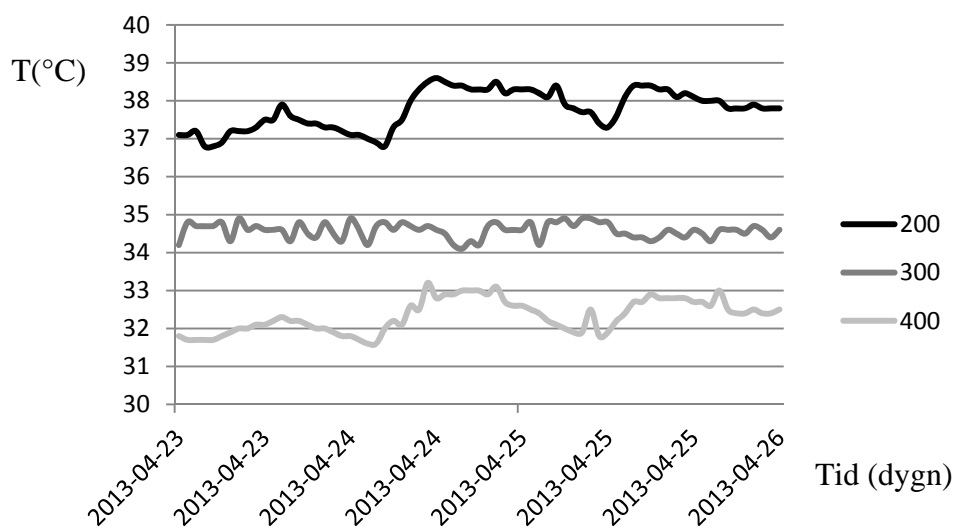


Diagram 18: Loggad temperatur med inborrade givare i avjämnings mitt. Linje 200 motsvarar mitt mellan värmekablar på 200 mm avstånd osv.

Medeltemperaturen vid loggningen under ca 2 månaders uttorkning har varit:

Avstånd mellan värmekablar	Medeltemperatur
200 mm	38,4°C
300 mm	34,5°C
400 mm	32,7°C

Tabell 8: Temperaturer i avjämnings mitt mellan värmekablar.

Uttagna prover för RF-bestämning visade följande.

Uttagna prov	200 mm RF (%)	300 mm RF (%)	400 mm RF (%)
Prov 1, efter 5 dygn	96,0	93,6	96,0
Prov 2, efter 12 dygn	92,5	95,5	95,3
Prov 3, efter 19 dygn	88,1	91,2	90,7
Prov 4, efter 42 dygn	67,5	78,5	85,3

Tabell 9: Resultat av RF-mätning i uttagna prov.

Utifrån resultat från uttagna prov och loggning kan minsta torktid till 85% RF för respektive värmekabelavstånd uppskattas till:



- 200 mm avstånd, ca 25 dygn.
- 300 mm avstånd, ca 37 dygn.
- 400 mm avstånd, ca 50 dygn.

Mätfelet bedöms vara relativt stort, eftersom uttag av prov gjorts från en varm avjämning, med risk för hög fuktavgång från provtagningen. Proven har fått svalna i temperaturstabil miljö vid ca 20°C före avläsning.

RF som loggades kontinuerligt på 20-30 mm mätdjup misslyckades för mätning med värmekabelavstånd på 200 mm (givarfel). De båda övriga två redovisas nedan.

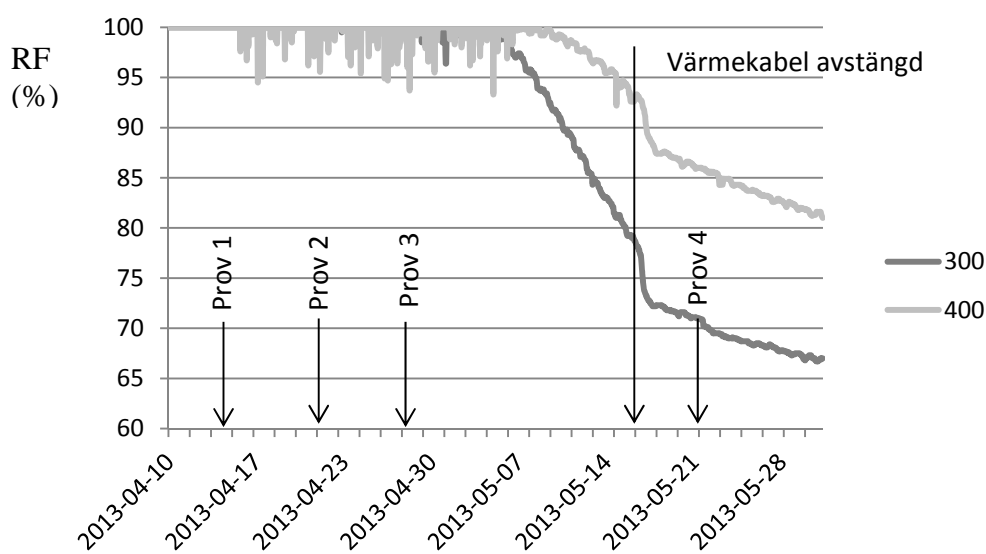


Diagram 19: Uttorkning av 50 mm normaltorkande avjämning med värmekablar under ca 2 månader.

Uttorkning i det hygroskopiska området under 100% RF, började enligt loggningen först efter ca 25 respektive 30 dygns torktid. Uttorkningskurvan för avjämnings mittskikt avtog därefter i det närmaste linjärt för avjämnings med värmekabelavståndet 300 mm, vilket visas nedan.

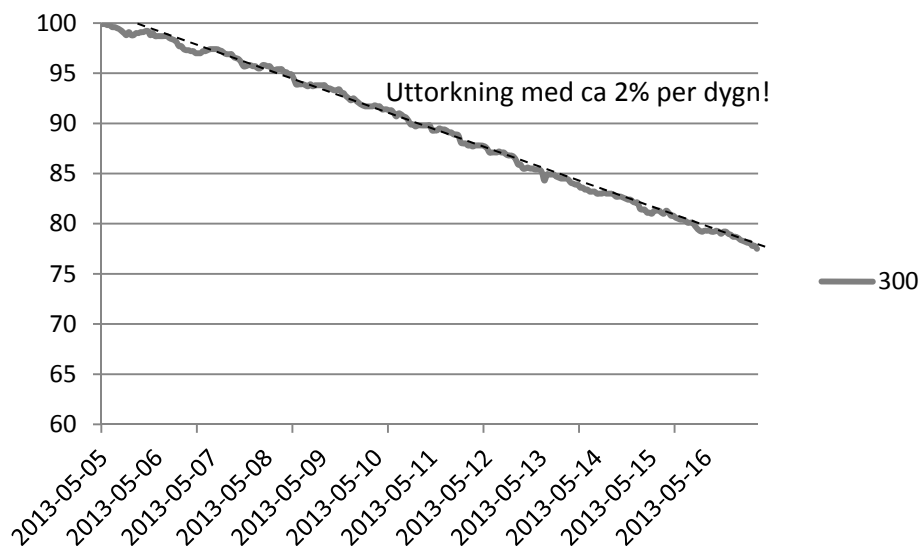


Diagram 20: Uttorkning efter ca 1 månad från 100% RF till 80% RF för avjämning med värmekabelavståndet 300 mm.

Resultatet visar att avklingningen är snabbt avtagande och i det närmaste linjär när uttorkningen kommit under 100% RF. Loggningens resultat är dock mycket osäkra då de görs med inborrade givare i mätthål. Resultatet får endast ses som en indikation på förloppet. Uttorkningshastigheten var ca 2% per dygn för värmekabelavståndet 300 mm och ca 1% per dygn för värmekabelavståndet 400 mm.

När värmen stängts av fortsatte uttorkningen vid ca 20°C. Uttorkningskurvan fortsatte vara relativt linjär, men med svagare lutning som visar ca 0,5% per dygn.

### Slutsatser

Värmetillförsel forcerar uttorkningen avsevärt. Med värmekablar har försöken visat att torktiden kan forceras till:

- Uttorkning med ca  $85 \text{ W/m}^2$  ger en värme på ca  $32^\circ\text{C}$  och en uttorkningstid på ca 50 dygn ner till 85% RF, dvs 1 dygn/mm.
- Uttorkning med ca  $190 \text{ W/m}^2$  ger hög värme uppemot  $38^\circ\text{C}$ , vilket forcerar uttorkningstiden till ca 25 dygn, dvs 0,5 dygn/mm.

Kommentar: Leverantörerna anger vanligtvis torktiden för 50 mm normaltorkande avjämning till 1 vecka per 10 mm tjocklek, dvs 35 dygn. Enligt försöket torkar en avjämning långsammare trots värmekablar som värmer avjämningen till över  $30^\circ\text{C}$ .

## Försök 7 – Avjämnning i flera skikt

Ett annat sätt att forcera torktiden är att lägga avjämnningen i tunnare skikt som hinner torka ut före nästa skikt läggs osv. För att bedöma effekten av detta har olika försök gjorts med både normaltorkande och självtorkande avjämnningar.

### Testmetod

Två olika metoder har testats och jämförts med läggning av ett helt skikt. Dessa försök har benämnts enligt:

1. "Tunna skikt", dvs < 20 mm.  
*Avjämnning har lagts i tre skikt om vardera ca 17 mm tjocklek. Tider till läggning av skikt 2 och 3 har varit 1 vecka för självtorkande produkt (lev anger 3 dygn) och 1 dygn per mm, dvs 17 dygn för normaltorkande (lev anger ca 12 dygn, motsvarande 10 mm/ vecka).*
2. "Halvering" av skiktjockleken.  
*Avjämnning har lagts med 25 mm + 25 mm. För självtorkande lades skikt 2 efter 1 vecka (lev anger 3 dygn) och för normaltorkande produkt lades skikt 2 efter 25 dygn, dvs 1 dygn per mm (lev anger ca 18 dygn för 25 mm, motsvarande 10 mm/ vecka).*
3. "Helt skikt" i en gjutning med 50 mm avjämnning i syfte att utgöra referens till testerna ovan.

Försöken har avslutats efter 57 dygn då provtagning utförts i alla provformar. Resultaten har jämförts med samma produkt gjuten i ett skikt med 50 mm avjämnning av självtorkande respektive normaltorkande produkt.

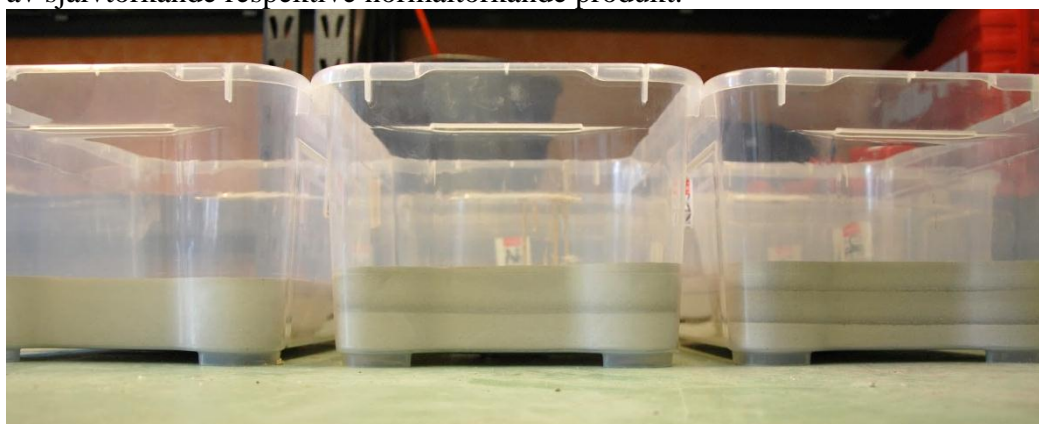


Bild 13: Gjutning i flera skikt. Till vänster ett helt skikt med 50 mm avjämnning, i mitten 2 skikt och till höger 3 skikt.

## Resultat

Gjutning påbörjades den 19 mars och slutprovtagning utfördes den 15 maj 2013, vilket innebär 57 dygn senare.

För normaltorkande avjämning blev utfallet av fuktmätning av hel kärna följande:

<b>Moment</b>	<b>1. Tunna skikt</b>	<b>2. Halvering</b>	<b>3. Helt skikt</b>
Gjutning 19 mars	15 mm	24 mm	48 mm
Gjutning efter 17 dygn	21 mm	-	-
Gjutning efter 25 dygn	-	27 mm	-
Gjutning efter 34 dygn	17 mm	-	-
Summa tjocklek	53 mm	51 mm	48 mm
<b>RF-prov efter 57 dygn</b>	<b>84,3%</b>	<b>84,2%</b>	<b>91,9%</b>

Tabell 10: Fuktmätningensresultat av hel kärna från yta till botten i normaltorkande avjämning.

Resultatet indikerar att torktiden blir kortare för tunna skikt och att kritiskt gränsvärde för limning av golvbeläggningar på 85% RF klaras vid läggning i skikt enligt testen. Resultatet för 50 mm normaltorkande avjämning i ett skikt har inte nått under kritiska nivåer efter 57 dygn.

För självtorkande avjämning blev utfallet:

<b>Moment</b>	<b>1. Tunna skikt</b>	<b>2. Halvering</b>	<b>3. Helt skikt</b>
Gjutning 19 mars	18 mm	24 mm	48 mm
Gjutning efter 7 dygn	20 mm	27 mm	-
Gjutning efter 14 dygn	20 mm	-	-
Summa tjocklek	58 mm	51 mm	48 mm
<b>RF-prov efter 56 dygn</b>	<b>84,7%</b>	<b>88,8%</b>	<b>90,6%</b>

Tabell 11: Fuktmätningensresultat av hel kärna från yta till botten i självtorkande avjämning.

Resultatet indikerar en något kortare torktid för läggning i skikt. Förhållandena är relativt lika scenariot för normaltorkande avjämning, vilket visar att läggning i skikt förkortar torktiden och att helt skikt inte torkar till kritisk fuktnivå på 85% RF inom 57 dygn. Läggning i tunna skikt når ner under 85% RF trots att den totala tjockleken i försöket var 58 mm i jämförelse med helt skikt som var 48 mm.

## Slutsatser

Effekten av läggning i flera skikt har i försöken tydligt visat på förkortade torktider, så att kravet på 85% RF uppfylls snabbare. Detta har visat sig fungera för:

- *Normaltorkande produkt i skikt < 25 mm, som beläggs med nytt skikt efter 1 dygns torktid per mm skiktstjocklek.*
- *Själv-torkande produkt i skikt < 20 mm som beläggs med nytt skikt efter 1 vecka.*

Kommentar: För läggning i skikt ökar sannolikt möjligheten att reducera fukttinnehållet genom avdunstning, vilket bidrar till snabbare uttorkning.

## 7 Utvärdering av resultat

Under redovisningen av resultat ovan har kortfattade slutsatser från försöken redan redovisats. Detta är gjort för att tydligare koppla bedömningen i direkt anslutning till resultaten.

### Frågor och svar

Nedan redovisas en kortfattad redogörelse för svar på frågeställningar som ställdes i inledningen under problembeskrivningen. Detta är ett försök att besvara de frågor som ofta kommer fram och som diskuterats vid intervjuer med fuktansvariga.

#### 1. Hur länge är fuktnivån hög i tjocka skikt?

- *"Själtorkningseffekt"*  
Själtorkningseffekten efter att själtorkande produkt stängts in bedöms vara relativt liten och inte tillräcklig för att säkerställa fuktnivån för intilliggande fuktkänsliga material. Efter 6 månader sänks RF med 1 - 6% RF från en nivå kring 95% RF, enligt utförda försök.
- *Skillnader mellan produkter*  
Inga väsentliga skillnader har kunnat påvisas vid jämförelse mellan tre olika fabrikat av själtorkande avjämningsprodukter avseende uttorkningstider. För själtorkningsegenskaper är skillnaderna större, dock ej tillräckliga för någon produkt.

#### 2. Hur påverkas uttorkningen av olika faktorer?

- *Underlagets täthet och fuktupptagningsförmåga:*  
Underlagets RF har visat sig ha avgörande betydelse för själtorkande produkters fortsatta uttorkning. Underlaget har påvisats ta upp fukt från avjämnningen och hjälper till att sänka RF i själtorkande avjämnning.
- *Avjämnningens tjocklek:*  
Avdunstningen från avjämnningens yta påverkar främst det övre skiktet 0-10 mm som blir torrare. Vid omfördelning av fukt efter lagging av tätskikt har denna inverkan större betydelse för ett tunnare skikt än för ett tjockare, vilket visats vid jämförelse mellan 40 och 50 mm tjock avjämnning.

- *Temperatur vid läggning:*  
Temperaturen i försöken har varit ca 20°C, vilket sannolikt är högre än på byggarbetsplatser. Uttorkningstiderna blir längre i verkliga fall i fält när temperaturen är lägre.

### 3. Hur undviks långa torktider?

- *Effekt av värmekabel*  
Uttorkningstiderna förkortas väsentligt vid hög effekttillförsel. Effekttillförsel ger enligt försöken med 85 W/m<sup>2</sup> en torktid på ca 1,0 dygns torktid per mm avjämning (50 dygn) till 85% RF, för 50 mm normaltorkande avjämning. För effekttillförsel på 190 W/m<sup>2</sup> blev motsvarande torktid ca 0,5 dygn per mm avjämning (25 dygn).
- *Läggning i flera skikt*  
Uttorkningstiden kan enligt försöken förkortas genom läggning i tunnare skikt <20 mm i jämförelse med ett helt 50 mm tjockt skikt, för såväl normaltorkande som självtorkande produkt.

### 4. Hur kan fuktillståndet övervakas?

- *Uttag av prov för verifiering*  
Uttag av prov enligt GBR:s branschstandard bedöms vara den säkraste metoden att få kontroll på RF i avjämningen.
- *Trendmätning genom loggning*  
Det finns en stor vinst för planeringen att följa uttorkningen genom loggning. Metodbeskrivning för en säker loggning saknas idag, men borde utprovas vidare och förbättras. Det finns många givare som inte klarar denna typ av mätning, då givaren fuktas upp över 95% RF inledningsvis.

## 8 Rekommendationer

### Uttorkningstider

Försöken har tydligt visat att ”självttorkningseffekten” inte är tillräcklig vid läggning på täta eller fuktkänsliga golvunderlag.

Uttorkningstider för självtorkande avjämning i tjocka skikt > 20mm är väsentligt längre än vad som erhålls vid utförande enligt nu gällande anvisningar. Om 85% RF skall säkerställas måste verifierande provtagning göras. I försöken har torktiden varit ca 10 veckor för 50 mm tjock självtorkande avjämning och ca 5 veckor för 40 mm tjocklek.

För att följa uttorkningen och torkklimatet rekommenderas att trendmätningar görs genom loggning eller återkommande borrhålsavläsningar. Det finns i dag ingen metodbeskrivning för trendmätningar.

När det finns ett uttorkat betongunderlag kommer fukt att omfördelas från avjämning till betong. Detta innebär mindre risk för hög RF i avjämningen på längre sikt. Dock bör RF vara lägre än 85% RF i betongen för att denna effekt skall vara tillräcklig enligt gjorda försök. Dessutom är det inte acceptabelt att fuktnivån är hög initialt under ett antal månader, eftersom det innebär att nedbrytning av limmet startar.

Forcering av uttorkningen med värmekabel och läggning i skikt är framkomliga vägar att minska torktiderna enligt försöket. Respektive avjämningsleverantör måste dock tillfrågas för att inte riskera andra negativa aspekter av forcering såsom sprickbildning, eller kantresning etc.

Utförda försök är inte tillräckliga för att rekommendera vilket förfarande för forcering som är mest lämpligt eller för att ge anvisningar om utförande.

### Krav på uttorkning

En lågalkalisk avjämning inverkar positivt då det minskar risken för emissionskador på lim och golvbeläggning. Detta sker dels genom sänkning av pH-värdet, dels genom absorption av limfukt. Dessa goda egenskaper förutsätter dock att fuktnivån säkerställs ligga på en nivå under kritiska fukttillstånd för lim och matta.



Av denna anledning, dvs risken för emissionsskador, rekommenderas att kritisk RF för lim på 85% RF skall följas. Vissa avjämningsleverantörer godkänner limning på 90% RF oavsett golvbeläggning, vilket beskrivits tidigare. Utifrån tidigare resultat från SBUF-projekt 11427 och 11680 finns en markant ökad risk för nedbrytning och påverkan på limmet om RF överstiger 85% RF.

- Högsta tillåtna fukttillstånd bör vara 85% RF för limmade golvbeläggningar oavsett val av golvbeläggning, limtyp och typ av avjämningsmassa.
- Uttag av RF-prov måste göras oavsett typ av avjämnning för att verifiera att RF underskrider kritiskt fukttillstånd.

**Bilaga 1:**

**Uttorkningskurvor från försök 1 –  
avjämning på tätt underlag**

**(8 sidor)**

Diagram 1

### 50 mm Självvtorkande, fabrikat 1a

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

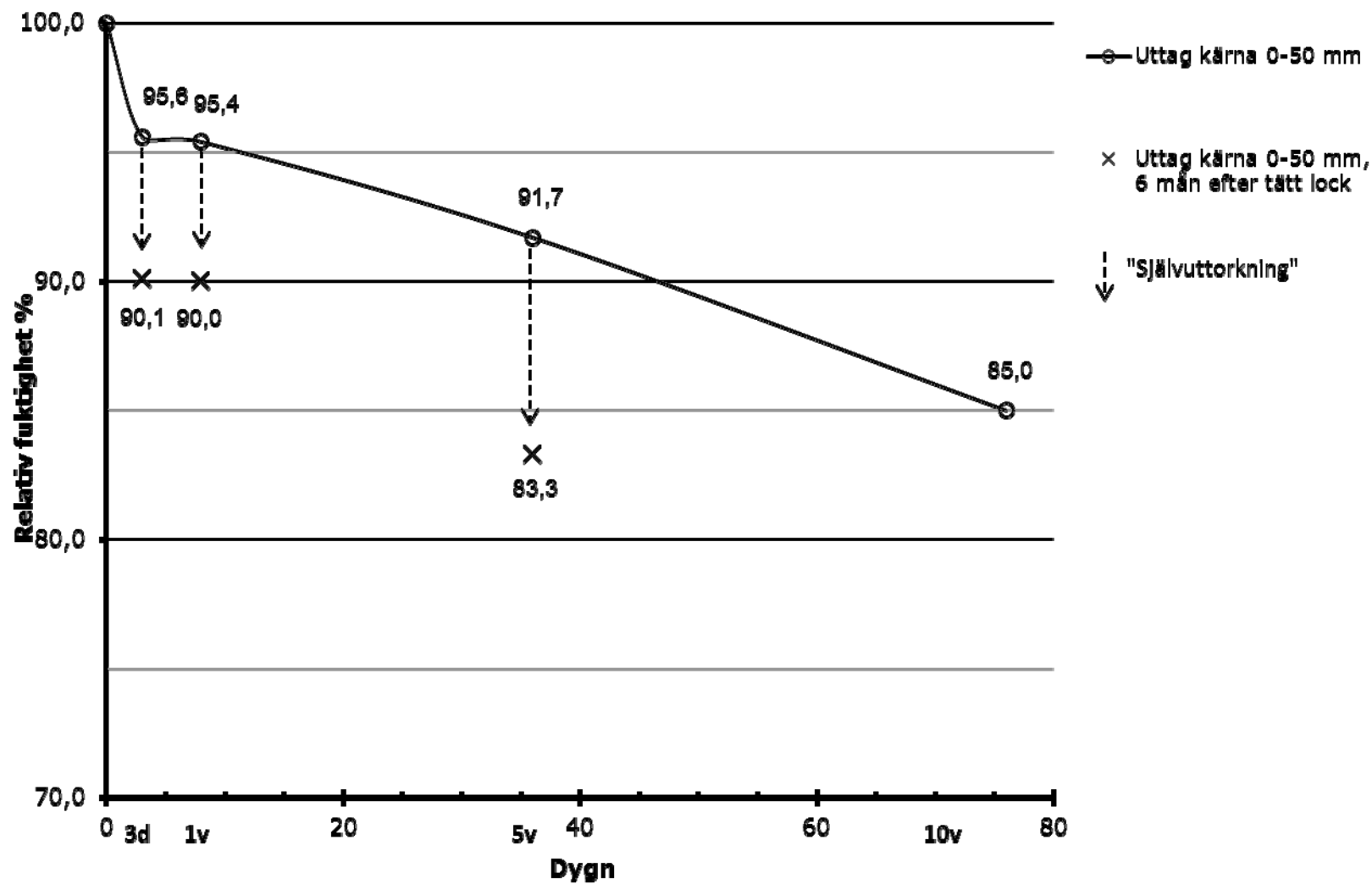


Diagram 2

### 50 mm Självttorkande, fabrikat 2a

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

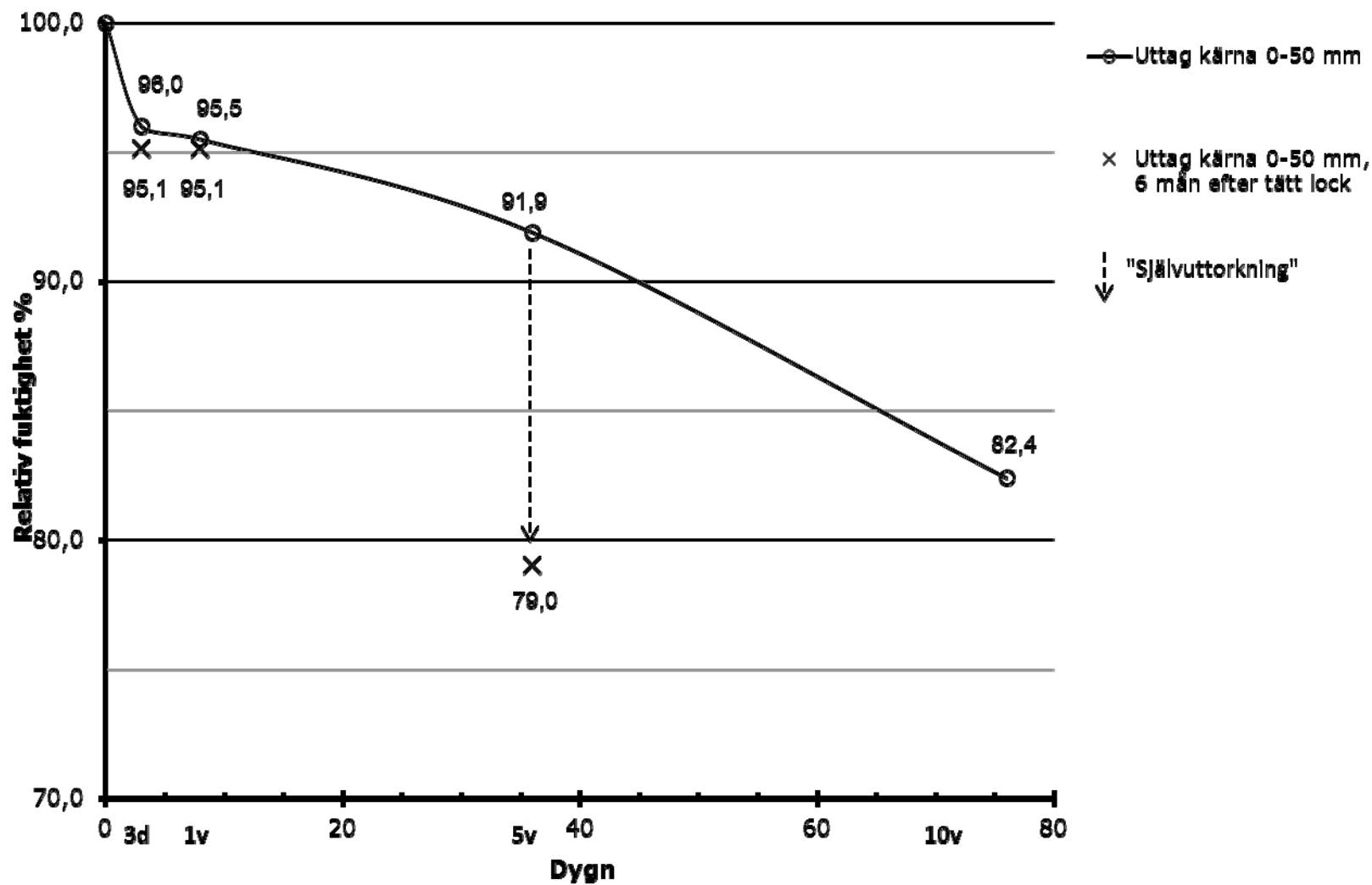


Diagram 3

### 50 mm Självvorkande, fabrikat 3a

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

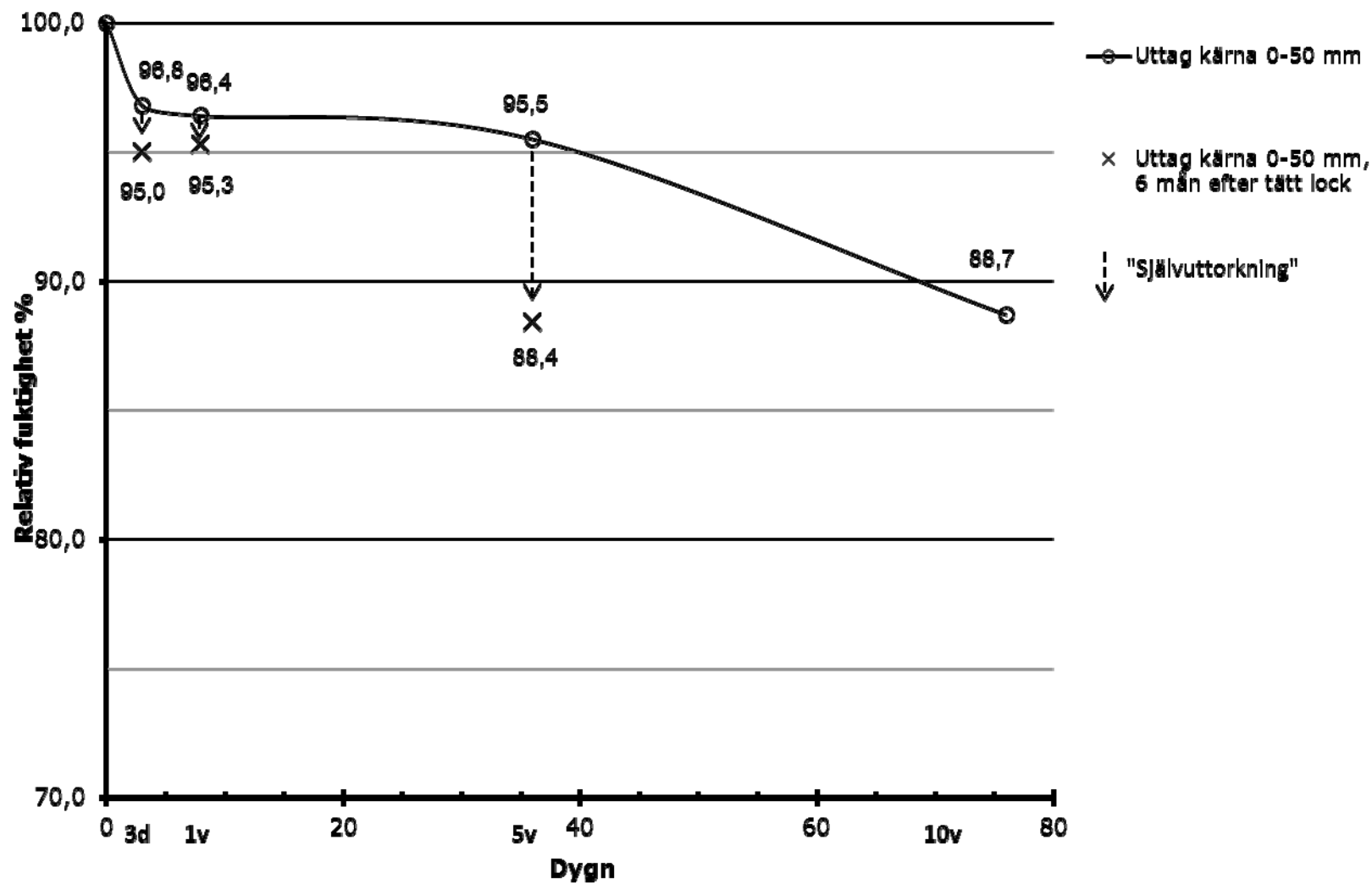


Diagram 4

### 50 mm Självtorkande, fabrikat 1b

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

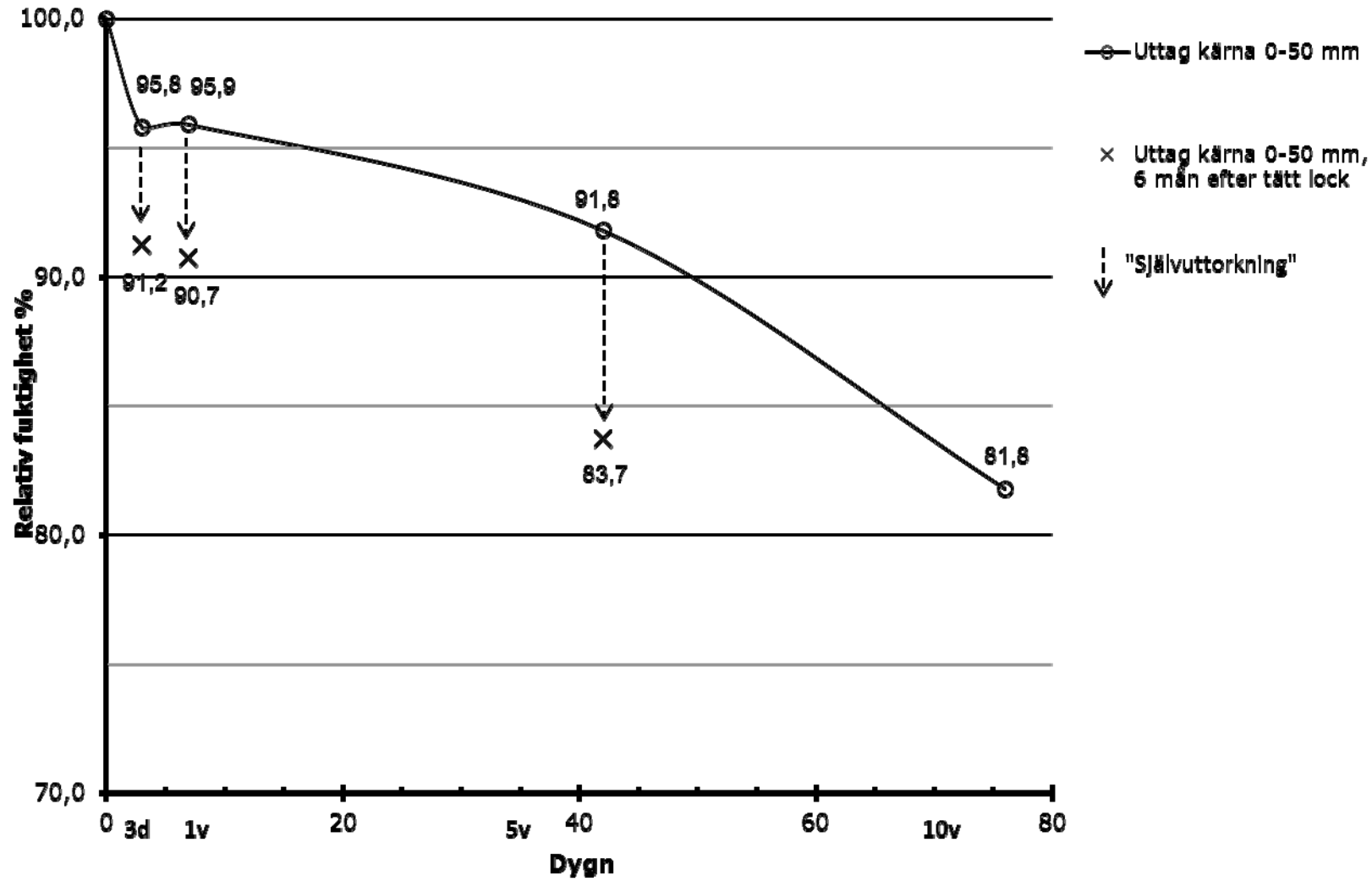


Diagram 5

### 50 mm Självvorkande, fabrikat 3b

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

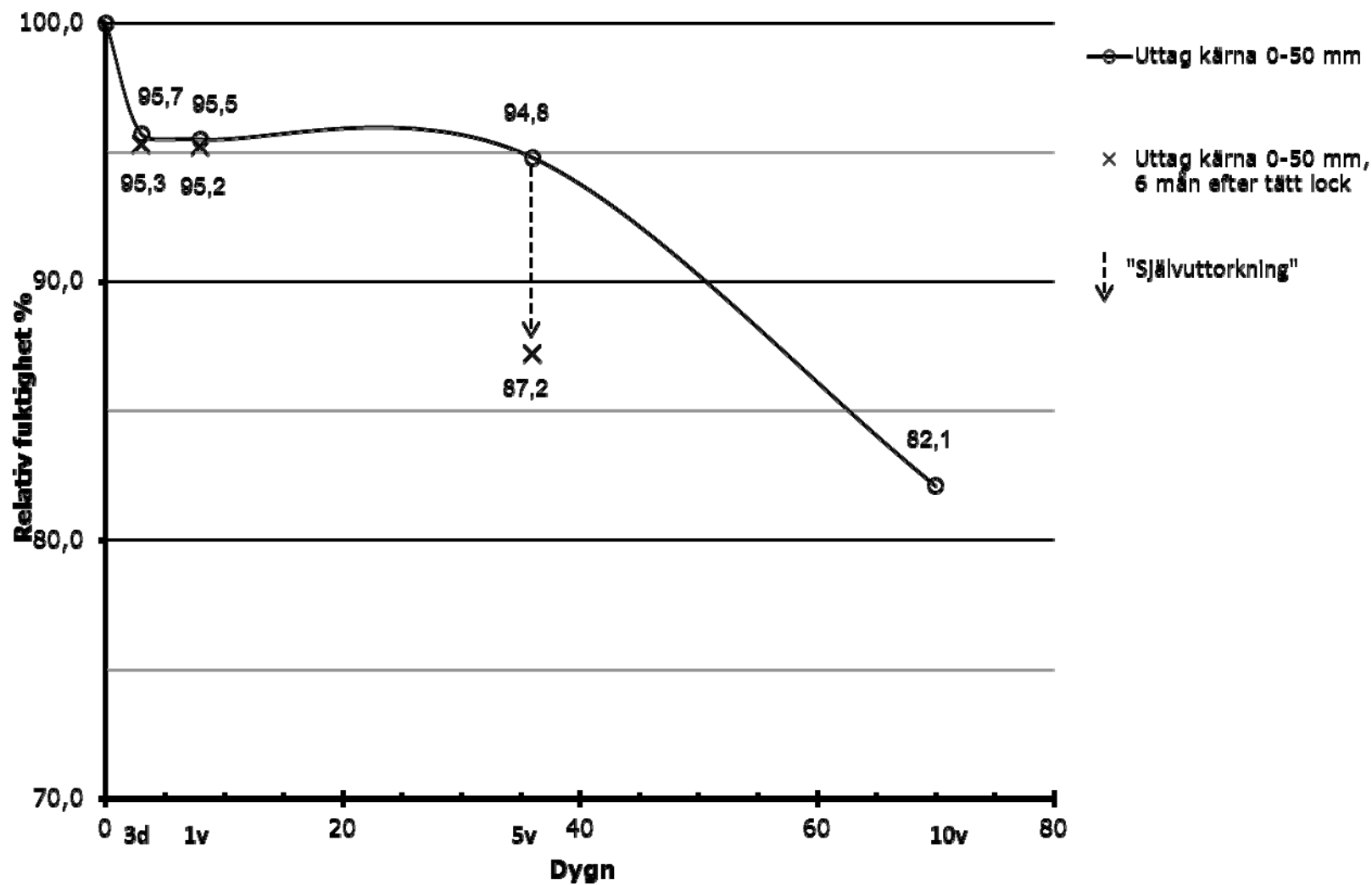


Diagram 6

### 40 mm Självtorkande, fabrikat 1

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

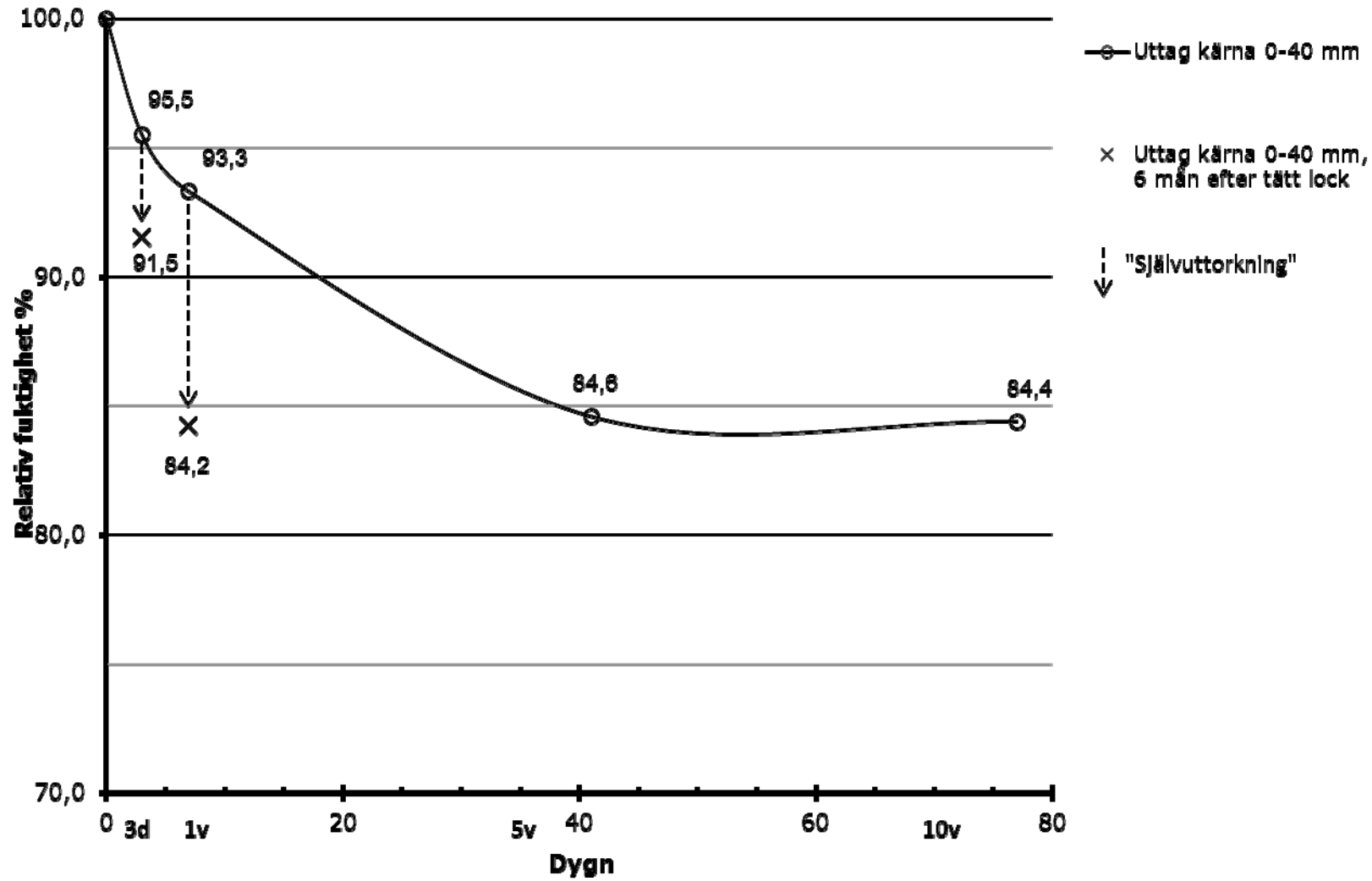




Diagram 7

### 40 mm Självtorkande, fabrikat 2

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

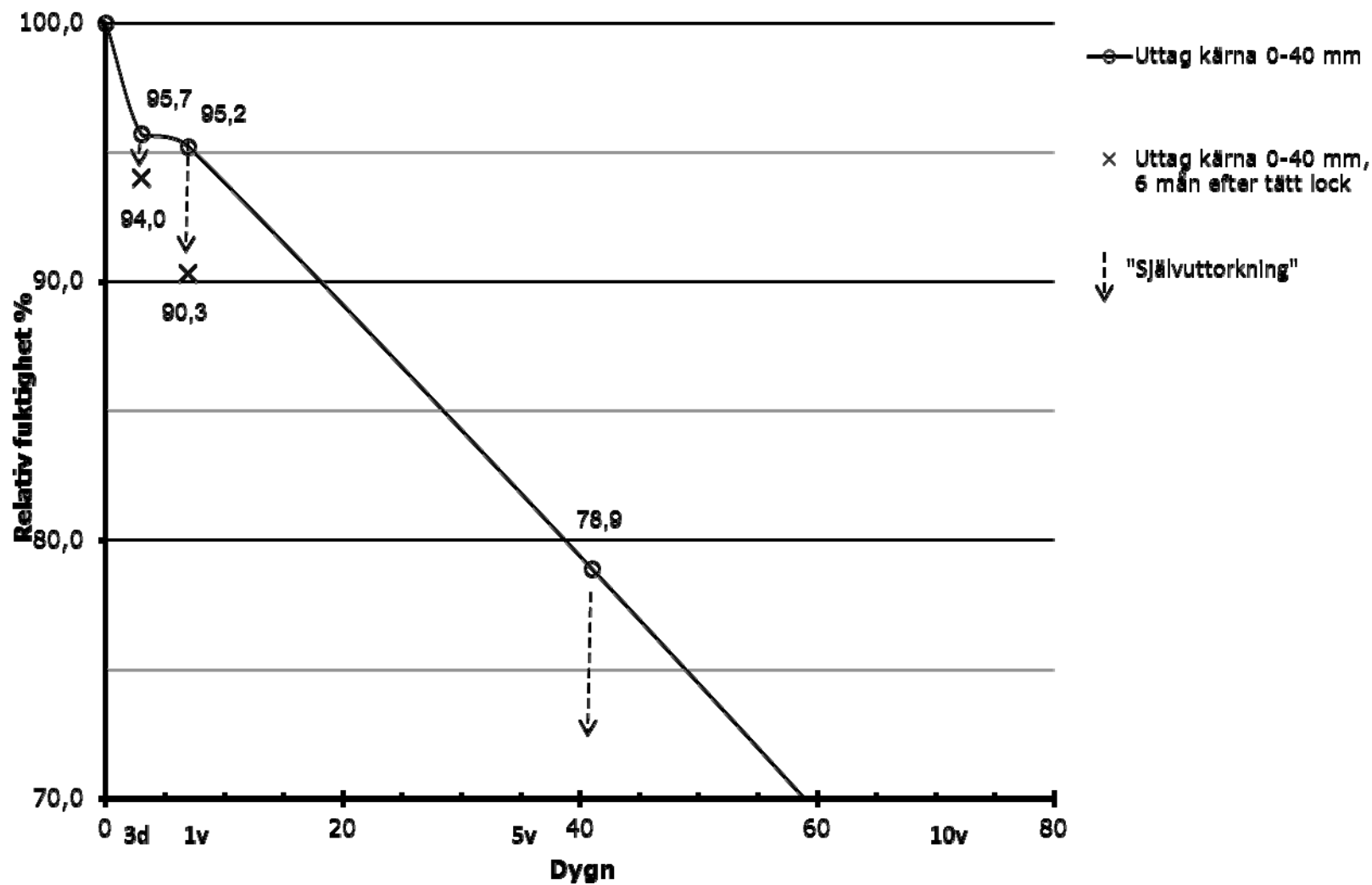
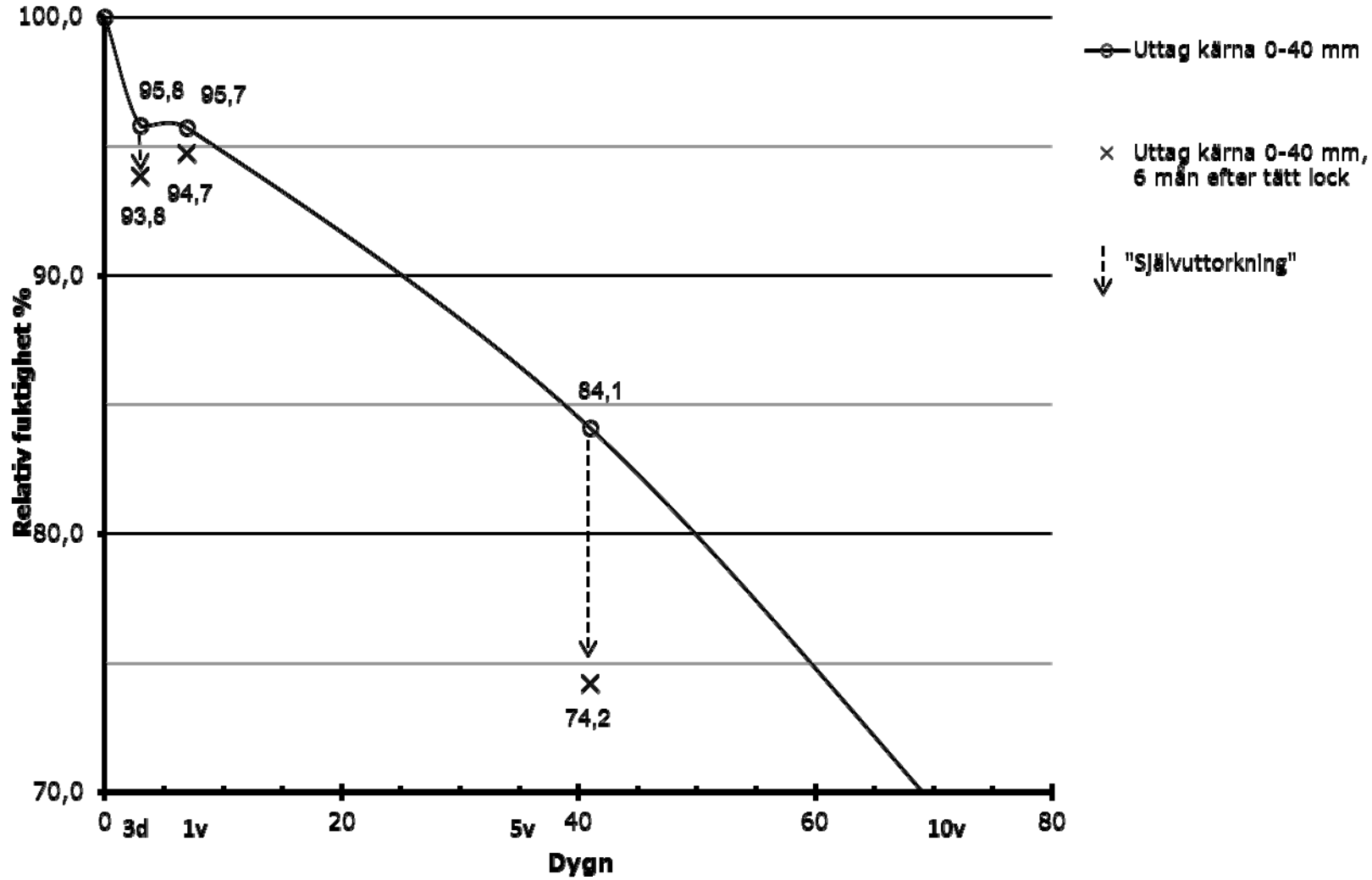


Diagram 8

### 40 mm Själv-torkande, fabrikat 3

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v



**Bilaga 2:**

**Uttorkningskurvor från försök 3 –  
avjämning på betongunderlag**

**(4 sidor)**

Diagram 9

**50 mm Självvorkande, fabrikat 1, på betong med 85% RF**  
Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

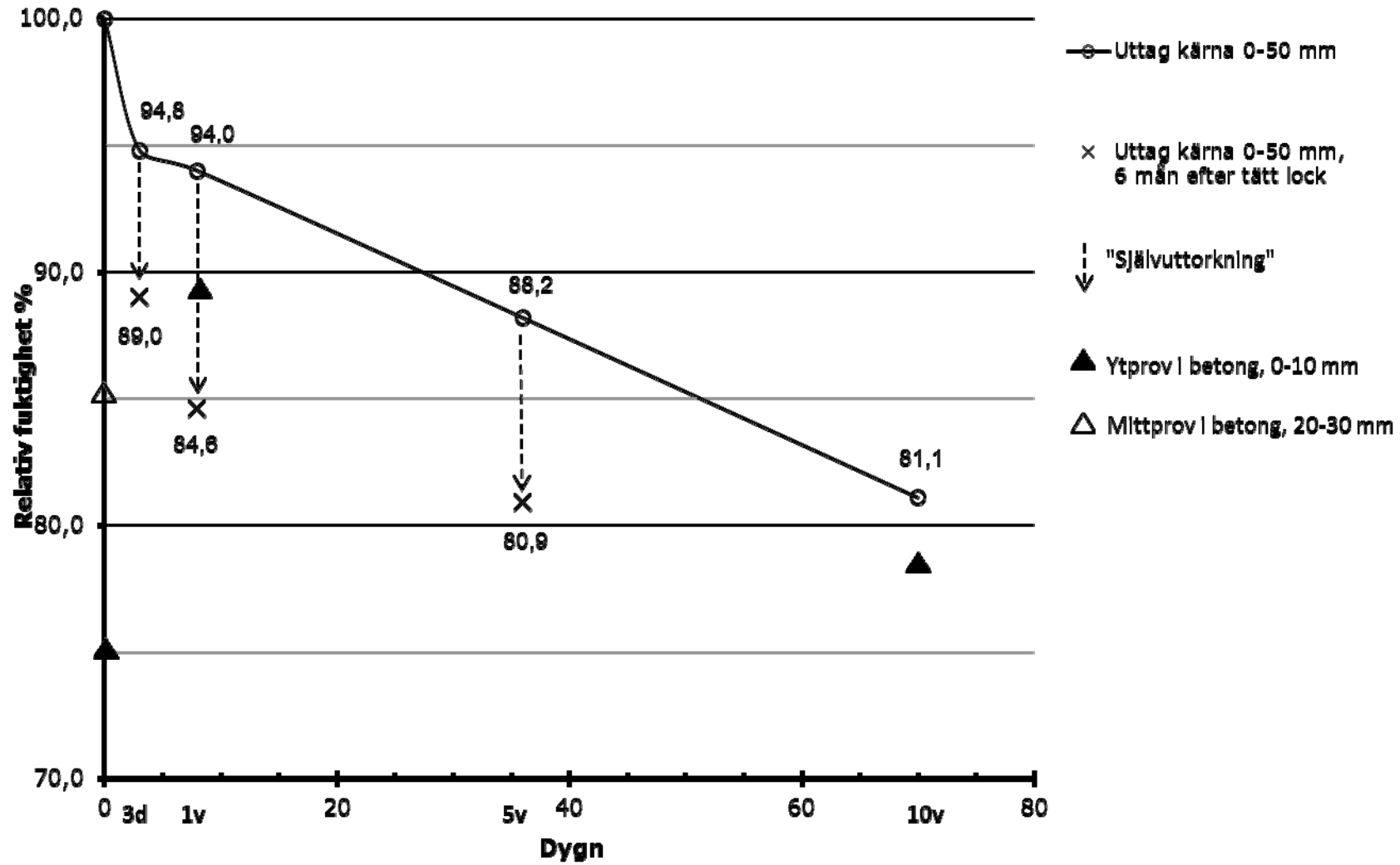


Diagram 10

**50 mm Självvorkande, fabrikat 2, på betong med 85% RF**  
Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

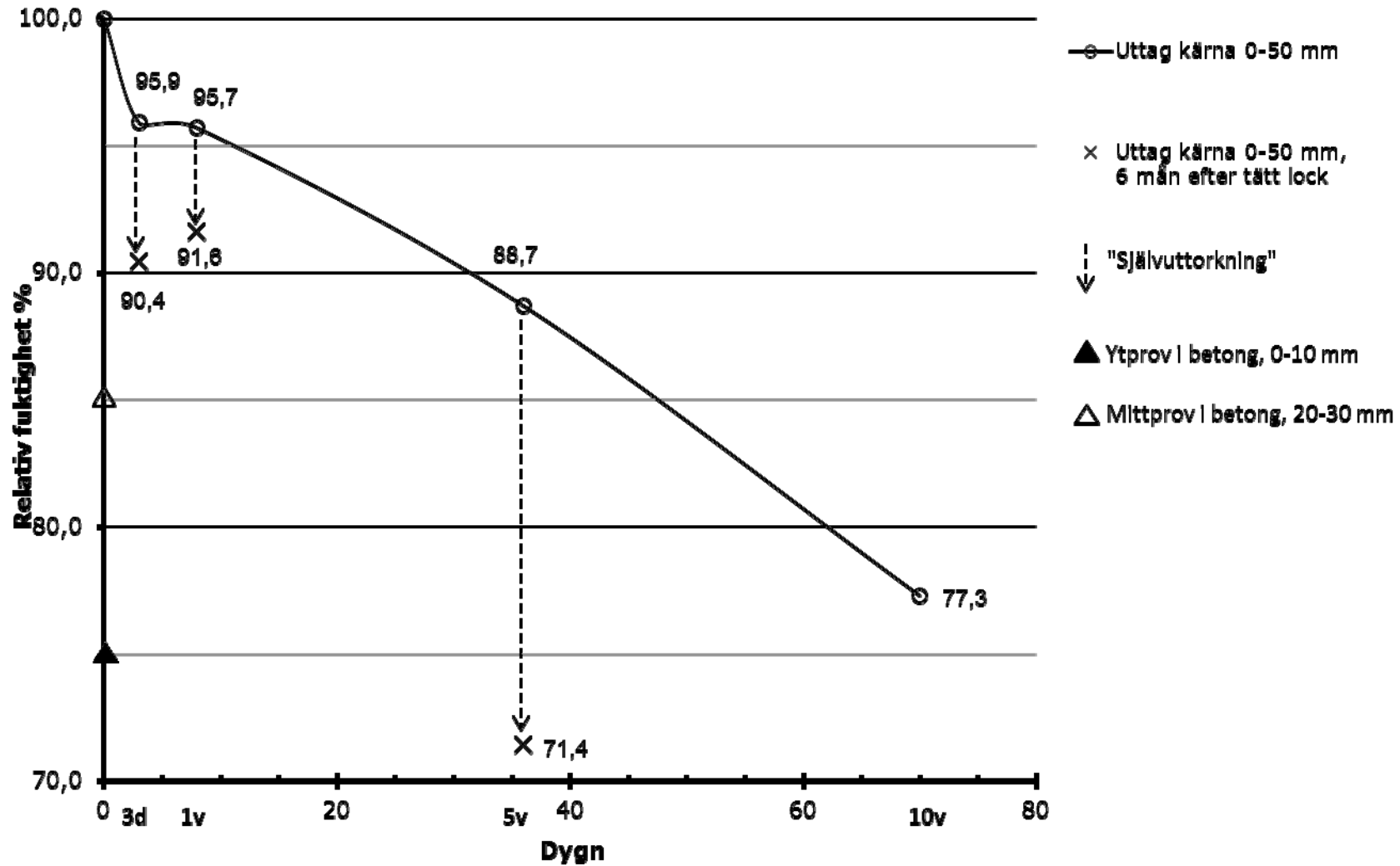


Diagram 11

### 50 mm Självvtorkande, fabrikat 1, på betong med 70% RF

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

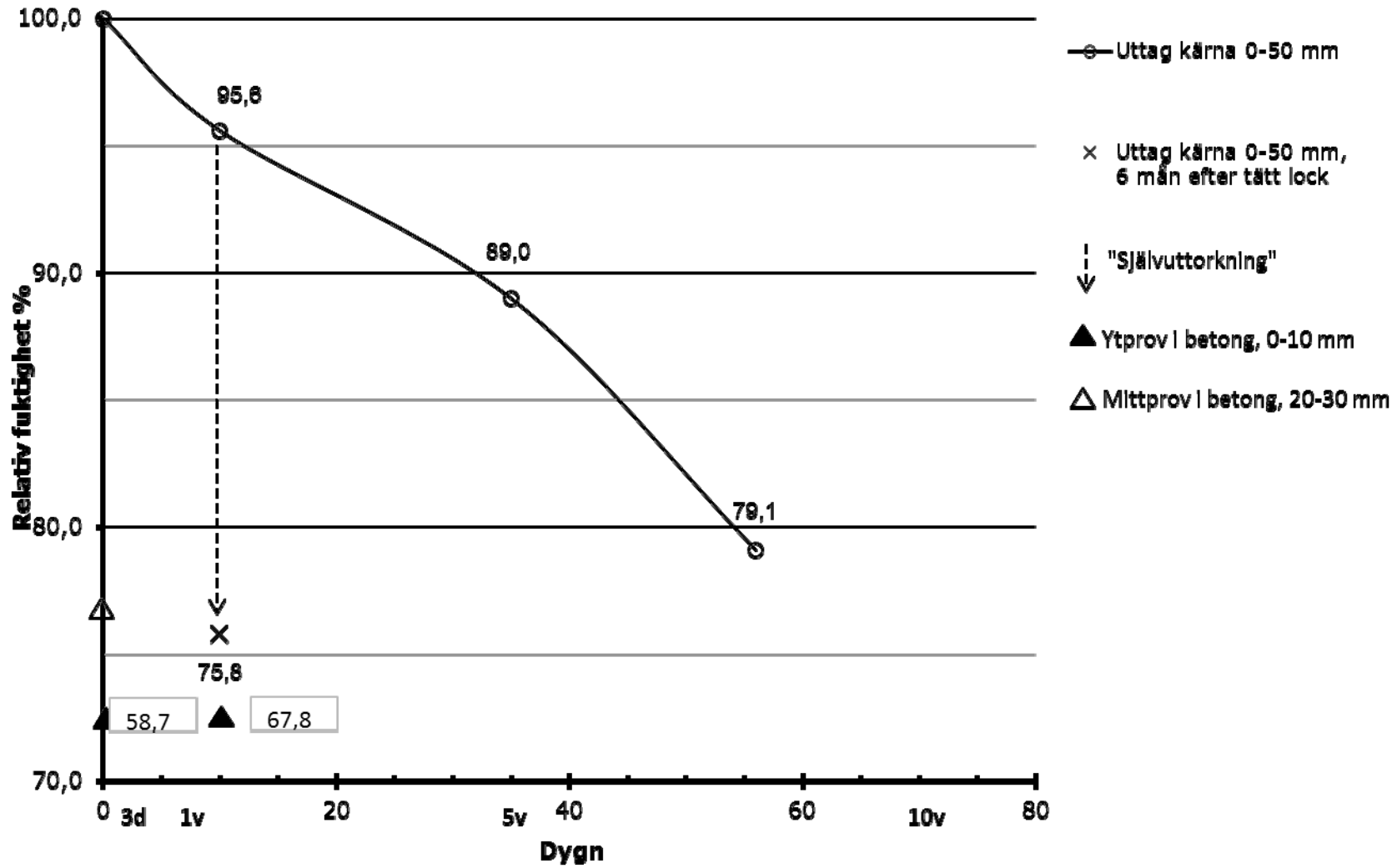


Diagram 12

### 50 mm Självvtorkande, fabrikat 2, på betong med 70% RF

Tätt lock efter 3d, 1v, 5v och 10v

