

Fuktmätning i betonggolv med golvvärme

Ettapp III: Limmade trägolv

Anders Sjöberg
Lars-Olof Nilsson

ISRN: LUTVDG/TVBM--07/3141--SE (1-39)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds Tekniska Högskola
Byggnadsmaterial
Box 118

221 00 LUND

Tel: 046-2227415
Fax: 046-2224427
www.byggnadsmaterial.lth.se
www.fuktcentrum.se

Förord

Föreliggande rapport är skriven på avdelningen för Byggnadsmaterial vid Lunds Tekniska Högskola, som även ingår i FuktCentrum vid Lunds Universitet.

Projektgruppen har bestått av professor Lars-Olof Nilsson, docent Bertil Persson samt tekniker Anders Sjöberg, samtliga vid avdelningen för Byggnadsmaterial.

Medverkande teknisk personal har varit Stefan Backe Bo Johansson, Ingemar Larsson och Bengt Nilsson vid avdelningen för Byggnadsmaterial, Mathias Stenström vid AK-konsult Indoor air AB samt Per Folkesson.

Projektets referensgrupp har bestått av Lena Nilsson och Henrik Sjelin vid GBR, Ted Rapp vid Sveriges Byggindustrier samt ett stort antal representanter för trägolleverantörer och limtillverkare.

Ted Rapp vid Sveriges Byggindustrier ansvarar för att det utifrån denna rapport tas fram en metodbeskrivning som redovisas för RAN.

Lena Nilsson (senare Henrik Sjelin) vid GBR ansvarar för framtagande av underlag för uppdatering av HusAMA.

Redovisning av projektet sker dels i form av denna rapport där resultaten från utförda beräkningar och försök sammanställs. Samt dels genom att lämpliga delar av projektresultaten publiceras i internationella vetenskapliga tidskrifter samt i svenska populärvetenskapliga tidskrifter.

Projektet har finansierats av SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond.

Lund, september 2007

Tekn.Dr. Anders Sjöberg
Projektledare

Sammanfattning

Golvvärme i betonggolv har fått en allt större användning av komfortskäl. Golvvärme har blivit ett marknadskrav och vid nyproduktion av småhus är det mer regel än undantag. Man vill framför allt undvika ”kalla golv”, till och med när man använder trägolv, som traditionellt anses ha en god värmebehaglighet, önskar man ofta ha golvvärme.

I detta delprojekt har sammanlagt 25 golvplattor med måtten 100×600×120mm gjutits. Plattorna har avjämnats och konditionerats i klimatrum med 30 respektive 60 % RF vid 20°C. Därefter limmades trägolven och golvvärmens slogs på. Mätningar av fukt- och temperaturprofiler utfördes vid tre tillfällen med början strax efter limningen för att fånga upp starttillstånd, omlagringsförlopp och sluttillståndet.

I undersökningen visade det sig att trägolven hade stora brister i vidhäftningen till underlaget fast det hade vidtagits extraordinära åtgärder vid limningen (belastade golvet med sand-säckar). Limfogen klarade inte av att överbrygga mellanrummet som uppstod på grund av avjämningsmassans ojämnheter och trägolvs skevhet.

Den statistisk utvärderingen som gjordes av de undersökta parametrarna visade att en sänkning av vct från 0,6 till 0,4 gav en sänkning av medelfuktnivån i plattorna på 7,8 % RF. Att konditionera plattorna i 30 % RF istället för 60 % RF gav en sänkning på 2,4 % RF i medel. Att förlänga uttorkningstiden med ca 1 månad gav en sänkning på 1,3 % RF. Homogent trägolv gav ca 0,5 % RF lägre fuktnivå i betongundergolvet än skiktad parkettgolv och det var i genomsnitt 0,5 % RF torrare invid värmerören än mitt i mellan dem.

Vid simuleringar utförda som parameterstudier med datorverktyget VaDau visade det sig att undersidan av trägolven blir på sikt mycket torra och riskerar krympa i sådan omfattning att de kan spricka, lossna från underlaget eller få stavsläpp. Om man lägger en plastfolie mellan betong och trägolv blir de mycket torra ännu fortare.

Vid bestämningen av materialegenskaper visade det sig att olika trägolv har ungefär samma fuktegenskaper. Fuktmotståndet är större då golvet är varmt och det har torkat en längre tid.

Många trägolvleverantörer anger i sina leveransvillkor att golven inte får utsättas för relativa fuktigheter utanför intervallet 30-60 % RF. Detta har visat sig vara fullständigt orimligt med de normala inneklimat som finns i moderna hus med mekanisk ventilation. Under hela perioden som golvvärmerna är inkopplade har trägolvs undersida lägre än 30 % RF. Även trägolvs översida är så torr mer än halva året. Undersidan får dessutom en RF ner mot 10 % RF under ett antal månader på vintern.

Projektets slutsatser (gäller naturligtvis bara när golvvärmerna är påslagen) är följande:

- Det är inga egentliga risker för ”fuktproblem” med varma trägolv. Tvärtom!
- En eventuell fuktisolering hindrar inte problem i varma trägolv, utan skapar dem!
- Avstängning av golvvärmerna kan skapa problem, första året.
- Det är svårt att åstadkomma bra vidhäftning med massiva brädor!
- Det är naturligt att trägolv får springor vintertid!
- Det är naturligt att de blir större med golvvärme!
- Golvbrädor vill kupa sig omväxlande uppåt och nedåt då golvvärmerna sätts på och av!
- Golvleverantörernas krav 30-60 % RF är orimliga på varma golv!
- Det finns dock gränser för hurdana klimatpåfrestningar trägolv kan utsättas för. Extrem uppfuktning sommartid kan då vara ett större problem än extrem uttorkning vintertid vid användning av golvvärme.

Summary

For reasons of comfort, underfloor heating in concrete floors is increasingly common. Underfloor heating has become a market requirement, and in newly built single family houses it is more a rule than an exception. The main intention is to avoid "cold floors"; underfloor heating is often specified even when wood floors are used which are traditionally regarded to be pleasantly warm.

In this subproject, 25 floor slabs measuring 100x600x120 mm have been cast. The slabs were screeded and conditioned in a controlled climate room at 30 and 60% RH at 20°C. The wood floors were then attached to the substrate and the underfloor heating was switched on. Measurements of moisture and temperature profiles were made on three occasions, beginning immediately after application of the adhesive, to measure initial conditions, the redistribution process and the final condition.

During the investigation, it was found that adhesion of the wood floor to the substrate was very unsatisfactory, although extraordinary measures were taken during the bonding period (the floor was loaded with sandbags). The bonded joint was unable to bridge the space that was formed due to the uneven surface of the screed and the warping of the wood floor.

Statistical evaluation of the investigated parameters showed that a drop in water-cement ratio from 0.6 to 0.4 produced a reduction of the mean moisture level in the slabs by 7.8% RH. Conditioning of the slabs at 30% RH instead of 60% RH produced a mean reduction of 2.4% RH. Extending the drying period by ca 1 month gave a reduction of 1.3% RH. Homogeneous wood floor gave rise to a ca 0.5% RH lower moisture level in the concrete underfloor than laminated parquet floor, and it was, on average, 0.5% RH drier near the heating pipes than between these.

In simulations performed as parametric studies with the computer program VaDau, it was found that the underside of the wood floor will, in time, become dry and prone to shrinkage to such an extent that it may crack, become detached from the substrate, or strips may come loose. If a plastics foil is laid between concrete and wood floor, they will become very dry even more rapidly.

During determination of material properties it was found that different wood floors have approximately the same moisture properties. Moisture resistance is greater when the floor is warm and has dried over a longer period.

Many suppliers of wood floors specify in their delivery conditions that the floor must not be exposed to relative humidities outside the range 30-60% RH. This has been found to be completely unreasonable in view of the normal indoor climate in modern buildings with mechanical ventilation. Over the whole period that the underfloor heating is switched on, the underside of the wood floor is at a lower level than 30% RH. Even the top of the wood floor is as dry as that over half the year. In addition, the underside has an RH down to 10% during a number of months in winter.

The conclusions of the project (which apply only when the underfloor heating is on) are as follows:

- There is no real risk of "moisture problems" in warm wood floors. Rather the opposite!
- Insulation to exclude moisture will not prevent problems in warm wood floors, but will cause them!
- Turning off the underfloor heating may cause problems during the first year.
- It is difficult to achieve good adhesion with solid floorboards!
- It is natural for gaps to develop in wood floors in winter!
- It is natural for these to become wider with underfloor heating!
- Floorboards will alternately bow upwards and downwards when underfloor heating is turned on and off!
- The specification by floor suppliers of 30-60% RH is unreasonable for warm floors!
- There are however limits to the climatic stresses a wood floor may be exposed to. An extreme rise in moisture content in summer may be a greater problem than extreme drying in winter when underfloor heating is used.

1. Inledning.....	2
1.1 Bakgrund.....	2
1.2 Problemställning.....	4
2. Material och tillverkningsmetod.....	5
2.1 Formar.....	5
2.2 Betong.....	6
2.3 Gjutning och härdning.....	6
2.4 Uttorkning och avjämning.....	6
2.5 Ytbeläggning.....	7
2.6 Golvvärme.....	8
2.7 Sammanställning av tillverkning.....	9
Platta 1 – 3 respektive 4 – 6.....	9
Platta 7 – 9 respektive 10 – 12.....	9
Platta 13 – 15 respektive 16 – 18.....	9
Platta 19 – 21 respektive 22 – 24.....	9
Gemensamt för alla plattor:.....	9
3. Mätförfarande.....	10
3.1 Temperaturmätningar.....	10
3.2 Avsvalningsförlopp vid RF-mätningar.....	10
3.2 Fuktmätningar.....	11
4. Mätresultat.....	12
4.1 Temperaturprofiler.....	12
4.2 Fuktmätning.....	14
4.3 Materialegenskaper.....	16
5. Statistisk utvärdering av mätresultaten.....	21
5.1 Flerfaktorförsök på två nivåer.....	21
5.3 Utvärdering av övergripande faktorer för hela serien.....	21
6. Parameterstudier.....	23
6.1 Beräkningsverktyg.....	23
Indatafiler till DDXRT.....	23
Utdatafiler från DDXRT.....	25
6.2 Beräkningsförutsättningar.....	26
6.3 Torkförutsättningar vid 30 & 60 % RF i rummet.....	26
6.4 Torkning på lång sikt.....	27
6.5 Avstängning av golvvärme.....	28
6.6 Plastfolie under trägolvet.....	30
6.7 Mycket fuktigt undergolv.....	30
7. Vidhäftning.....	32
8. Rörelser.....	33
8.1 Uppfuktning från 30 % till 60 % RF med golvvärme på.....	34
8.2 Uttorkning i 10 % RF.....	35
9. Konklusioner.....	37
10. Referenser.....	39
Bilaga A	Uppmätta RF-profiler i plattor som konditionerats i 60 % RF
Bilaga B	Uppmätta RF-profiler i plattor som konditionerats i 30 % RF
Bilaga C	Tidplan för gjutning, konditionering och mätningar

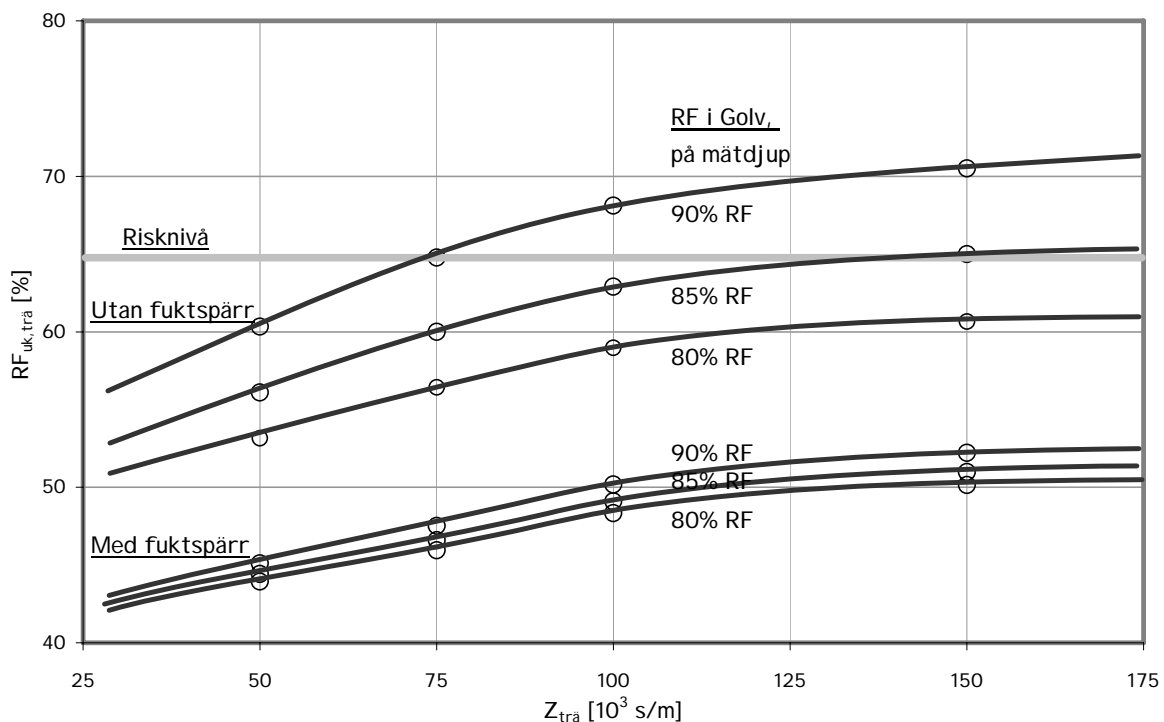
1. Inledning

1.1 Bakgrund

Golvvärme i betonggolv har fått en allt större användning av komfortskäl. Vid nyproduktion av småhus är det mer regel än undantag att byggnadens värmesystem utförs med golvvärme. Golvvärme är ett marknadskrav. Man vill framför allt undvika "kalla golv", både om golvbeläggningen är keramiska plattor och natursten, men också om den är en tunn, limmad beläggning av PVC, linoleum och polyolefin. Till och med när man använder trägolv, som traditionellt anses ha en god värmebehaglighet, önskar man ofta ha golvvärme.

Ur fuktsynpunkt har en konstruktion med golvvärme flera fördelar, men det finns också ett antal punkter som särskilt måste beaktas för att undvika fuktskador och fuktproblem. De flesta av dessa är relativt väl kända, men några aspekter fordrar forskning för att bättre klargöra frågeställningarna för att därefter upprätta konkreta beskrivningar för praktisk och säker hantering av golvvärme i bygg- och projekteringsskedet. Med en underliggande värmeisolering, som är tjockare än normalt av energiskäl, fås ett mycket bra skydd mot markfukt i ångfas, genom den stora temperaturgradienten över värmeisoleringen. Om golvvärmens kan utnyttjas under byggtiden, kan också byggfukten torka ut snabbare, eftersom betongplattan kan värmas upp.

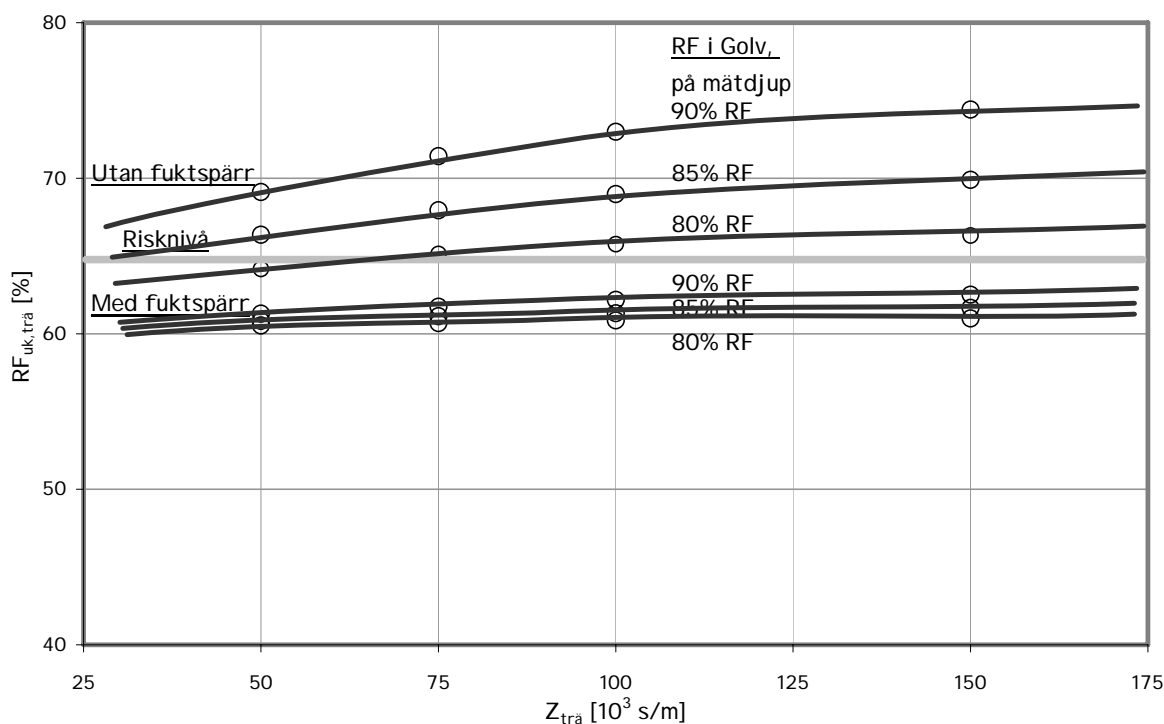
När det gäller trägolv på betongplattor med byggfukt har man under senare år alltmer börjat limma trägolven. I sådana fall använder man inte den fuktisolering som HusAMA kräver då betongundergolvet är fuktigare än 60 % RF. En teoretisk analys av detta har nyligen gjorts, Sjöberg (2003) för fallet utan golvvärme, se nedanstående figurer.



Figur 1.1.1 Beräknad RF i underkant av ett trägolv med fuktmotståndet $Z_{trä}$ för olika uppmätt RF i betongundergolvet på karakteristiskt mätdjup. Rumsluften håller 40 % RF, Sjöberg (2003)

Det visar sig att trägolv normalt har ett relativt lågt fuktmotstånd, jämfört med fuktmotståndet hos betongundergolvet och fuktmotståndet hos limmet som man limmar trägolvet med. Detta medför att fukttransporten uppåt från betongundergolvet passerar genom trägolvet utan att det blir någon större uppfuktning av trägolvet underside, under förutsättning att undergolvet inte är för fuktigt och att trägolvet inte har för stort fuktmotstånd. Var gränserna går framgår av figur 1.1.1.

Förhållandena är svårare om rumsklimatet är fuktigt, se figur 1.1.2. Med en RF i luften av 60 % är det svårt att undvika att RF i underkant av trägolvet blir högre än 65 %. Här fordras underlag för att kunna höja gränsvärdet på 65 % RF.



Figur 1.1.2 Beräknad RF i underkant av ett trägolv med fuktmotståndet $Z_{trä}$ för olika uppmätta RF i betongundergolvet på karakteristiskt mätdjup. Rumsluften håller 60 % RF, Sjöberg (2003)

Hus AMA 98 anger, när det gäller trägolv på undergolv av betong följande:

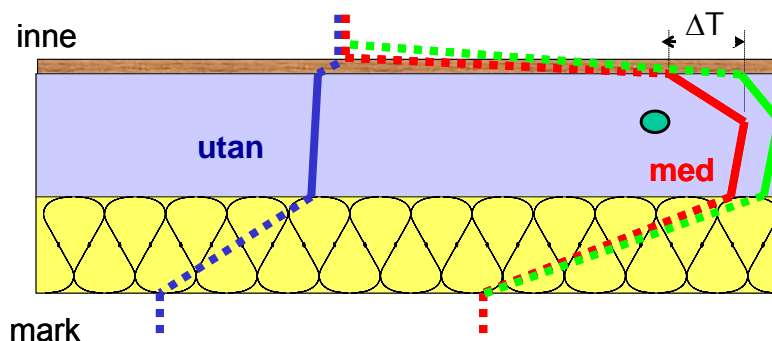
- 1) $\leq 60\%$ RF i underlaget vid läggning av trä eller laminatbräder på betong och lättbetong.
- 2) 60 – 95% RF kräver att underlaget täcks med fuktskydd av plastfilm.
- 3) Vid golvvärme skall golvkonstruktionen alltid vara försedd med fuktskydd, även om $< 60\%$ RF.
- 4) Mätning av RF i underlag skall utföras enligt YSC.1.

Enligt HusAMA är det alltså inte acceptabelt att använda limmade trägolv utan fuktisolering på varma undergolv. Detta är en allvarlig begränsning som behöver undersökas närmare. En särskild studie genomförs i det här aktuella projektet för att klargöra under vilka fuktförhållanden som trägolv kan limmas på varma betonggolv.

Projektet har finansierats av Formas/BIC, SBUF, Stiftelsen Golvakademin och Stiftelsen Golvbranschens Våtrumskontroll.

1.2 Problemställning

Golvvärme under ett trägolv ger mycket höga temperaturer i undergolvet för att yttemperaturen på trägolvet skall kunna höjas, se figur 1.2.1. Detta beror på att trä är en relativt god värmeisolator, dvs det ger ett relativt stort motstånd mot värmetransport. Värmemotståndet hos ett trägolv är av samma storleksordning som övergångsmotståndet mellan en yta och luften. Detta innebär att temperaturskillnaden mellan över- och undersida av trägolvet måste vara av samma storleksordning som önskad temperaturskillnad mellan trägolvytan och luften. Med en rumstemperatur på $+20^{\circ}\text{C}$ och en önskad yttemperatur på $+27^{\circ}\text{C}$, måste alltså temperaturen under trägolvet vara $+34^{\circ}\text{C}$. Ett tjockare trägolv fordrar en ännu högre temperatur i betongen under.



Figur 1.2.1 Principiella temperaturfördelningar i en golvkonstruktion på mark med underliggande värmeisolering, utan och med golvvärme, med eller utan trägolv.

De frågor som man bland annat har ställt sig i samband med limning av trägolv på byggfuktiga betongundergolv är följande:

- Hur torrt måste det vara innan trägolvet limmas?
- Fungerar konstruktionen utan polyetenfolie som fuktisolering?
- Vad händer när man stänger av värmen?
- Är förhållandena olika för olika trägolv?

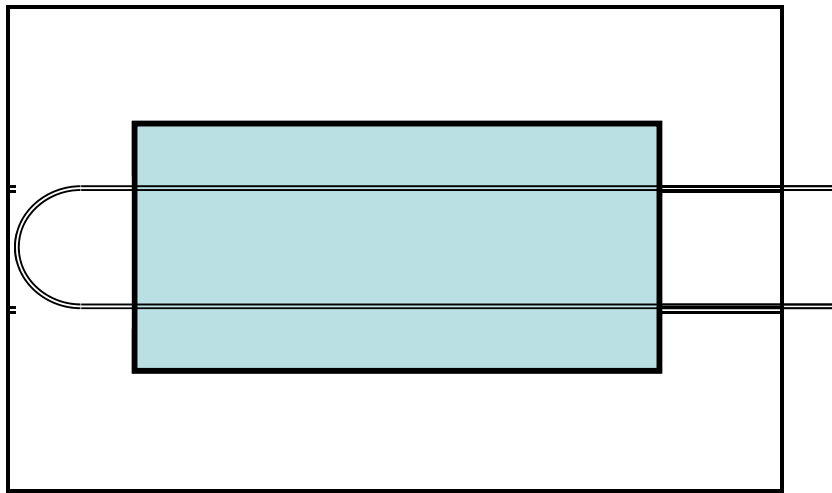
En experimentell studie och numeriska analyser har planerats för att kunna svara på dessa och andra frågor.

2. Material och tillverkningsmetod

I det här kapitlet beskrivs tillvägagångssättet för den experimentella delen

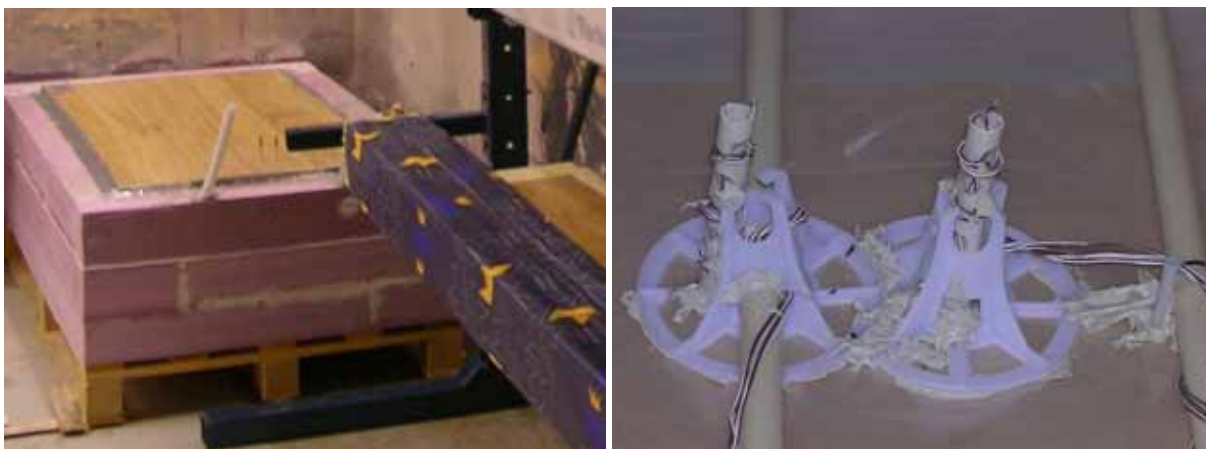
2.1 Formar

Formen för gjutning av betongundergolv till provkroppar tillverkades av tre lager extruderad cellplast (XPS). De två understa lagren (100+100 mm) var heltäckande medan det översta lagret cellplast (120 mm) monterades som en 100 mm bred formkant. Hållrummet innanför kanten kläddes med dubbla lager polyetenfolie, som veks och tejpades i hörnen, för att hindra läckage vid gjutningen samt minska eventuell fukttransport i sidled. Värmerören (PEX-rör) monterades liggande på botten av hållrummet i formen på ett sådant sätt att de stack genom och fixerades av cellplastkanten, se figur 2.1.1.



Figur 2.1.1 Princip för provplattorna med kantisolering av XPS och rör för golvvärme-kabeln i en slinga så att betongplattan (mörkfärgad) innehåller två parallella rör med samma värmeeffekt per längdenhet.

Ställningar för montering av temperaturgivare placerades mitt i formen, en mitt över det ena värmeröret och en mitt i mellan värmerören, se figur 2.1.2.



Figur 2.1.2 En provkropp (till vänster) med de tre lagren XPS, rör för golvvärme-kabeln stickande ut och ett trägolv pålimmat. Ställningar för termoelement (till höger).

2.2 Betong

Två olika betongkvaliteter användes till studien, se tabell 2.2.1.

Tabell 2.2.1. Betongrecept (kg/m³)

Delmaterial - vct	0.41	0.60
Byggcement Slite	489	355
Vatten	200	213
Ballast, Blentarp 11-18 mm	389	431
Ballast, Blentarp 4-8 mm	543	425
Ballast, Bösarps 0-2 mm	702	709
Ballast, Önnestad 0-1 mm	99	175
Glasfiller	-	58
Glenium 51 (våtvikt)	2.7	1.4

2.3 Gjutning och härdning

Direkt efter gjutning förseglades överytan av plattorna med plastfolie. Den förseglade härdningen varade i ett dygn och därefter skedde uttorkning i 30 % RF eller 60 % RF.

Härdningen skedde i konstant temperatur av 20°C.

2.4 Uttorkning och avjämning

Efter ett dygn avlägsnades förseglingen och plattorna placerades i ett konstant klimat av 30 respektive 60 % RF vid 20°C. I varje serie förekom två olika uttorkningstider, kort och lång. Längden på den korta respektive långa uttorkningstiden var olika för de olika uttorkningsklimaten. Vid uttorkningen i 60 % RF var längden en respektive två månader för vct 0,4 samt två respektive tre månader för vct 0,6. Vid uttorkningen i 30 % RF var längden sex respektive tio veckor, det vill säga samma uttorkningstider för båda betongkvaliteterna.

Efter uttorkning av betongen avjämnades betongytan. Exempel på provplattor strax före avjämning visas i figur 2.4.1. Vid tidpunkten för avjämningen applicerades först ett skikt av primer och dagen efter ovanpå detta lades sedan ungefär 8 mm avjämningsmassa .

Till plattorna som torkade i 60 % RF användes Primer 6000 av fabrikat Bostik samt avjämningsmassa Fiber Quick av fabrikat Bostik. Till plattorna som torkade i 30 % RF användes primer floor 4716 av fabrikat maxit samt avjämningsmassa Floor 4150 Fine flow av fabrikat maxit.



Figur 2.4.1 Provkroppar strax före avjämning. Observera att det lämnats utrymme för avjämningsmassan så att överytan av den färdiga avjämningen blir i nivå med kantisoleringen av XPS.

2.5 Ytbeläggning

Trägolvsleverantörerna levererade tolv olika trägolv, massiva, 1-stavs- och 3-stavsgolv. Alla dessa tolv trägolv beskrivs i avsnitt 4.3, liksom de mätningar av fuktegenskaper som gjordes på alla golven.

Ur de tolv trägolven valde LTH ut ett av vardera typen. Dessa tre trägolv kallas nedan massivgolv, 1-stavs- respektive 3-stavsgolv.

När torkningen av betong och avjämningsmassa avslutats applicerades 1 m²/liter MS-lim av fabrikatet Casco Parkett Elastic 3476 jämnt över ytan med en tandad spackel. Utan någon egentlig öppethållandetid applicerades trägolven i limmet ovanpå betongytan, ett på vardera en provplatta.

Vid limningen avslutades trägolven vid kanten av betongen. Kanten tejpades med aluminiumtejp mot den dubbla plastfolien och cellplastkanten för att minska risken för ofrivillig uttorkning. För att säkerställa god anliggning mot betongen belastades trägolvet på varje platta med två sandsäckar (å 25kg). Sandsäckarna placerades så att de belastade samtliga brädor ungefär 1/5 av längden från båda ändarna.

Ovanpå trägolven placerades mätpunkter för rörelser, längs och tvärs brädornas längsriktning, se figur 2.5.1. I trägolvet slogs också isolerade stift in för att indikera fuktkvotsändringar. Dessa stift slogs in så djupt att de oisolerade spetsarna hamnade i underkant av trägolvet.



Figur 2.5.1 Färdig provkropp före montering av golvvärmekabel. Två stift för fuktkvotsindikation syns nederst i bilden.

2.6 Golvvärme

En elektrisk värmekabel med effekten 20 W/m placerades i det ingjutna PEX-röret. PEX-rören fylldes dock inte med vatten till skillnad från projektetapp II, Sjöberg & Nilsson (2007), där så skedde med tanken att förbättra värmeledningsförmågan. Det visade sig dock i den tidigare undersökningen att detta medförde stora risker för läckage och att nyttan var försumbar.

Normalt i projektet så kopplades värmen på omedelbart efter fuktmätningen efter ytbeläggning.

Temperaturen i plattorna reglerades så att en jämn temperatur av 27°C uppnåddes på trägolvytan mitt i mellan två värmerör. Yttertemperaturen reglerades mot kvarsittande termoelement av typ T som tejpats fast ovanpå trägolvet.

2.7 Sammanställning av tillverkning

Nedan sammanställs de väsentliga skillnaderna och likheterna mellan de olika plattorna i denna studie.

Platta 1 – 3 respektive 4 – 6

Gjutning: Betong med vct 0,60.

Härdning: Förseglad härdning 1 dygn.

Uttorkning: Efter avjämning torkade ytan fritt i 2 respektive 3 månader.

Torkklimat: 60 %RF och 20°C.

Platta 7 – 9 respektive 10 – 12

Gjutning: Betong med vct 0,40.

Härdning: Förseglad härdning 1 dygn.

Uttorkning: Efter avjämning torkade ytan fritt i 1 respektive 2 månader.

Torkklimat: 60 %RF och 20°C.

Platta 13 – 15 respektive 16 – 18

Gjutning: Betong med vct 0,60.

Härdning: Förseglad härdning 1 dygn.

Uttorkning: Efter avjämning torkade ytan fritt i 6 respektive 10 veckor.

Torkklimat: 30 %RF och 20°C.

Platta 19 – 21 respektive 22 – 24

Gjutning: Betong med vct 0,40.

Härdning: Förseglad härdning 1 dygn.

Uttorkning: Efter avjämning torkade ytan fritt i 6 respektive 10 veckor.

Torkklimat: 30 %RF och 20°C.

Gemensamt för alla plattor:

Avjämning: Ytan avjämnades efter att uttorkningen avslutats.

Ytbeläggning: Trägolven applicerades 1 respektive 2 veckor efter avjämning.

Provtagning: Första fuktmätningen skedde dagen före ytbeläggningen.

Värmerör: Värmen kopplades på en vecka efter ytbeläggning.

3. Mätförfarande

Mätning av temperaturer och fuktfördelningar i plattorna skedde vid ett antal tillfällen för att studera startvillkor, omlagringsförlopp och slutnivåer. Vid varje tillfälle utfördes mätningarna på flera olika nivåer i plattan för att kunna beskriva profiler och fukttransportriktningar.

En sammanställning av tidpunkterna för fuktprovtagningen ges i bilaga C. Temperaturen avlästes parallellt med fuktprovtagningen.

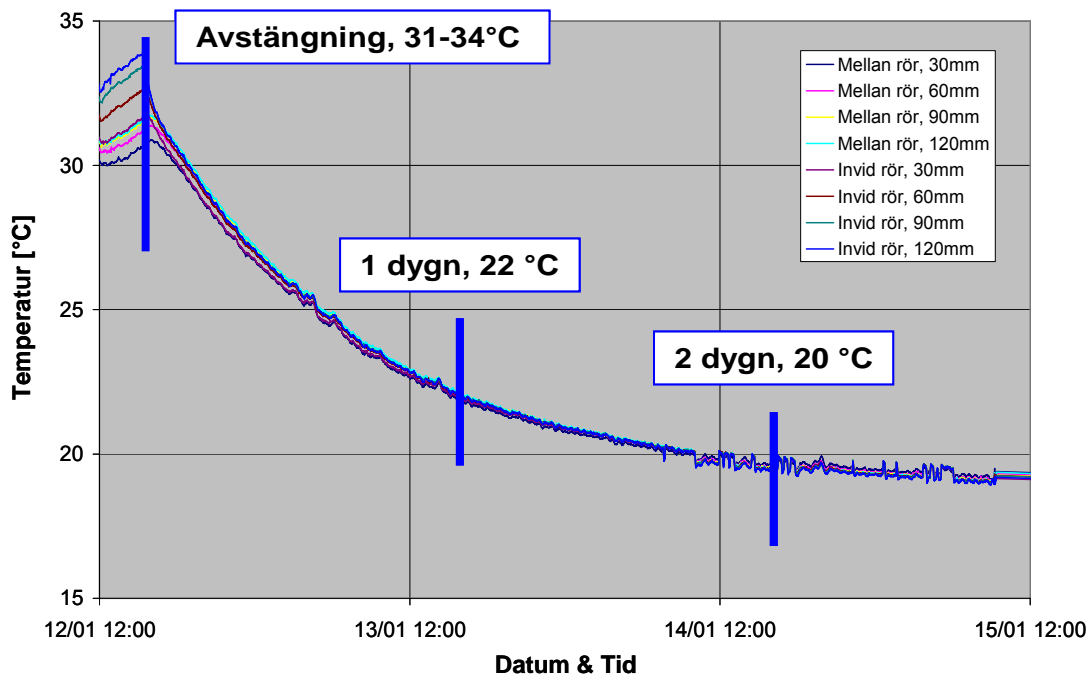
3.1 Temperaturmätningar

Temperaturen avlästes manuellt, genom att koppla in ett handinstrument till de kvarstående givarna, i samband med respektive RF-mätning. Under en period loggades temperaturen i några av plattorna som konditionerats i 30 % RF, se nedan.

3.2 Avsvalningsförlopp vid RF-mätningar

För att minska osäkerheten i fuktmätningen stängdes golvvärmen av något dygn innan provtagningen ägde rum. Avstängningen skedde enbart på plattorna som konditionerades i 30 % RF och inte på dem som konditionerades i 60 % RF.

Om varma betongbitar med hög fuktnivå läggs i provrör som tillåts vara kallare än betongen kan kondens uppkomma på provrörets insida. Denna kondens kan vara svår att observera om man inte är medveten om fenomenet. När betongbitarna svalnat kan det kondenserade vattnet återigen tas upp av betongen vilket medför att ytan nu är under uppfuktning. För en betongbit som tidigare var under uttorkning innebär det att den har bytt sorptionskurva från desorption till adsorption. Denna hystereseffekt kan innebära att mätvärdet blir något för högt.



Figur 2.5.1 Avsvalningsförlopp vid avstängning av golvvärme i betongplatta.

3.2 Fuktmätningar

Fuktmätningar skedde huvudsakligen med RF-mätning på uttagna provbitar från trägolvet och betongplattan. Provbitarna togs ur materialen på olika djup vid olika tillfällen och lades i provrör som direkt förslöts med gummipluggar. Provrören förvarades under hela mätningen i ett temperaturstabil rum. Mätningen utfördes med noggrant kalibrerade RF-givare av fabrikatet Vaisala HMP 44. Förfarandet följde i allt väsentligt metodiken i RBK-manualen, Sveriges Byggindustrier (2001).

4. Mätresultat

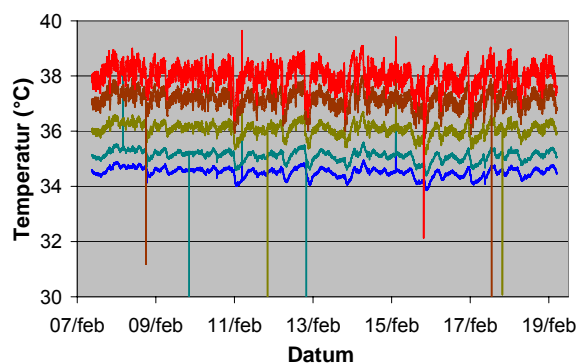
4.1 Temperaturprofiler

Mätning av temperaturen har gjorts med loggade mätningar i platta 16 (20 mm massivt trägolv) samt platta 18 (14 mm skiktat golv, 3-stav). Det har även utförts jämförande mätningar av temperaturprofilen mellan plattor med 1-stav och 3-stav skiktade trägolv som visade att skillnaden mellan plattorna var försumbar.

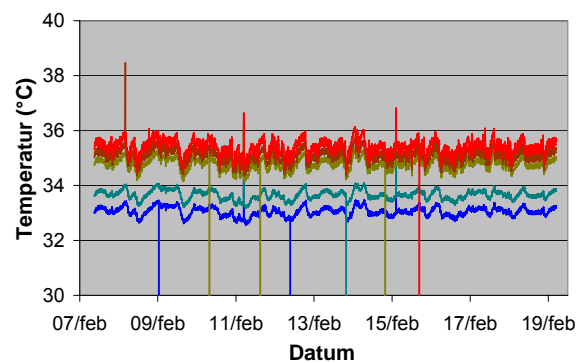
I figurerna nedan redovisas de loggade värden från platta 16 och 18. Den röda (översta) grafen i respektive diagram visar temperaturen på samma nivå som värmerören (120 mm). Därefter kommer graferna för de grundare nivåerna i tur och ordning (90, 60, 30 mm) och underst den blå grafen för temperaturen på betongytan under trägolvet.

Det framgår vid en jämförelse mellan graferna i diagram a och b att det fodras en högre temperatur i golvvärmeröret vid homogena trägolv än vid skiktade trägolv för att skapa en yttemperatur på 27°C. Temperaturskillnaden mellan de olika fallen är ca 3°C, vid homogena trägolv erfordrades ungefär 38°C i värmerören medan det med skiktade trägolv erfordrades ca 35°C.

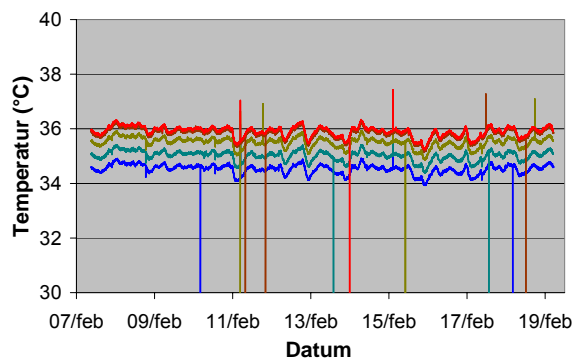
Temperaturen var genomgående högre på alla nivåer i betonglattan som belagts med homogent golv jämfört med plattan som belagts med skiktat trägolv. Detta beror naturligtvis på att temperaturen i plattorna styrdes mot en konstant yttemperatur av 27°C och det homogena trägolvet har en mindre värmeledningsförmåga än de skiktade.



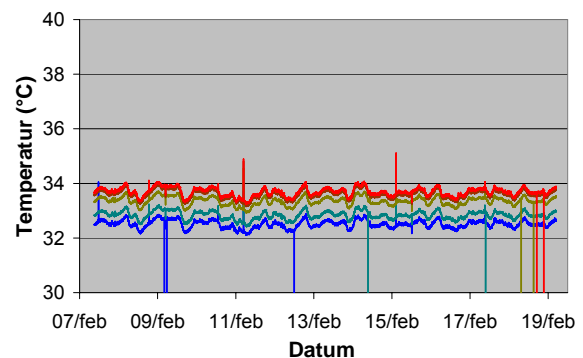
a. Massivt trägolv (20mm), vid rör



b. Skiktat trägolv (14mm), vid rör



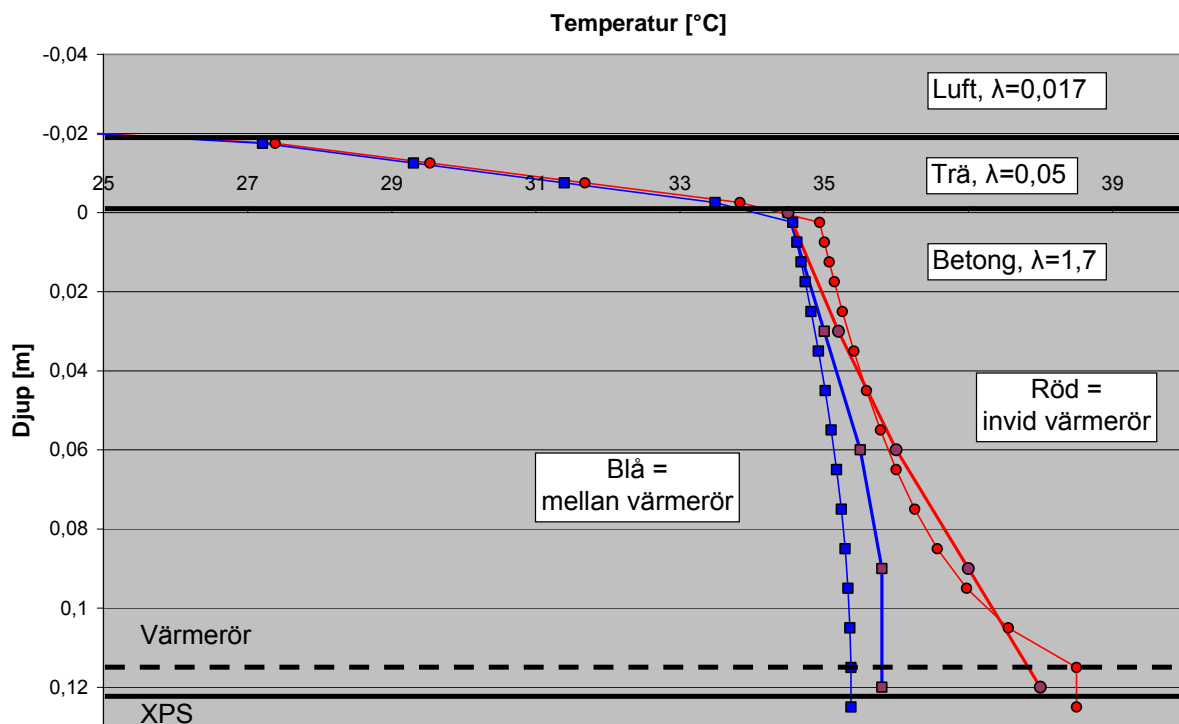
c. Massivt trägolv (20mm), mellan rör



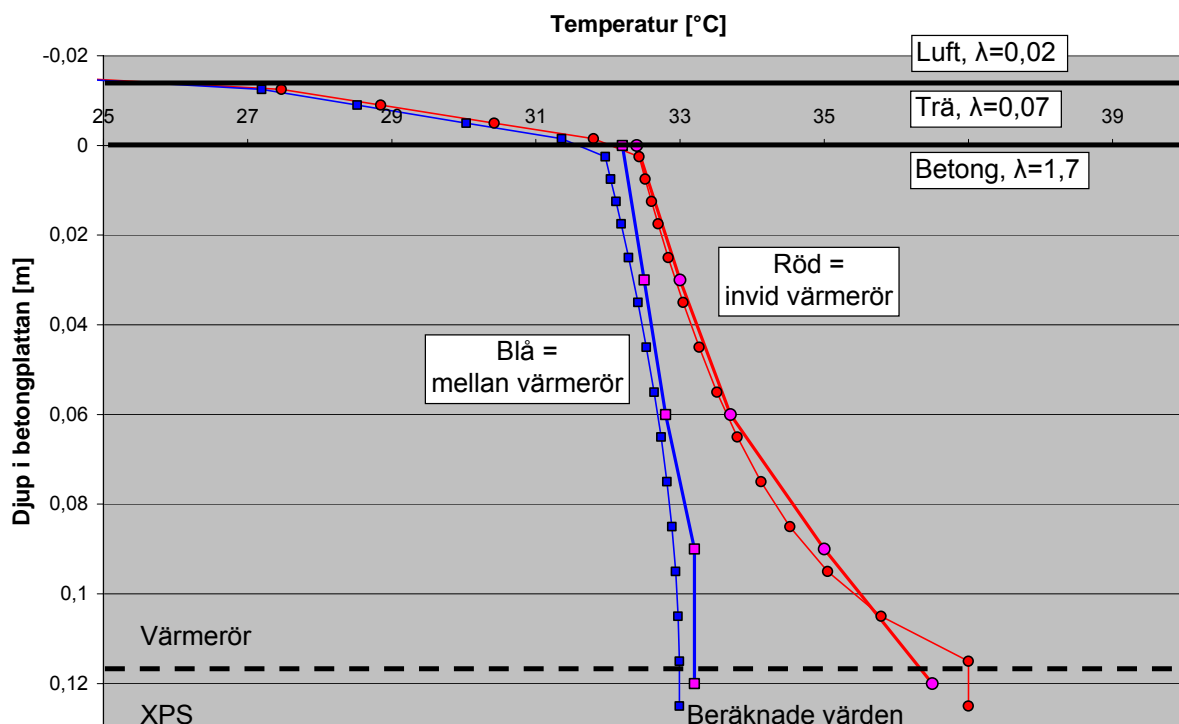
d. Skiktat trägolv (14mm), mellan rör

Figur 4.1.1 Temperaturer på olika nivå i provplattorna 16 och 18 under en tvåveckorsperiod.

Figur 4.1.2 och 4.1.3 visar uppmätt temperaturprofil i plattorna med respektive typ av trögolv (kraftig linje med ett fåtal mätpunkter markerade). I respektive figur redovisas även beräknade temperaturprofiler (och λ -värden) som har använts vid fuktberäkningarna i denna etapp.



Figur 4.1.2 Temperaturprofil vid 20 mm homogent trögolv.



Figur 4.1.3 Temperaturfördelning vid 14 mm skiktat trögolv.

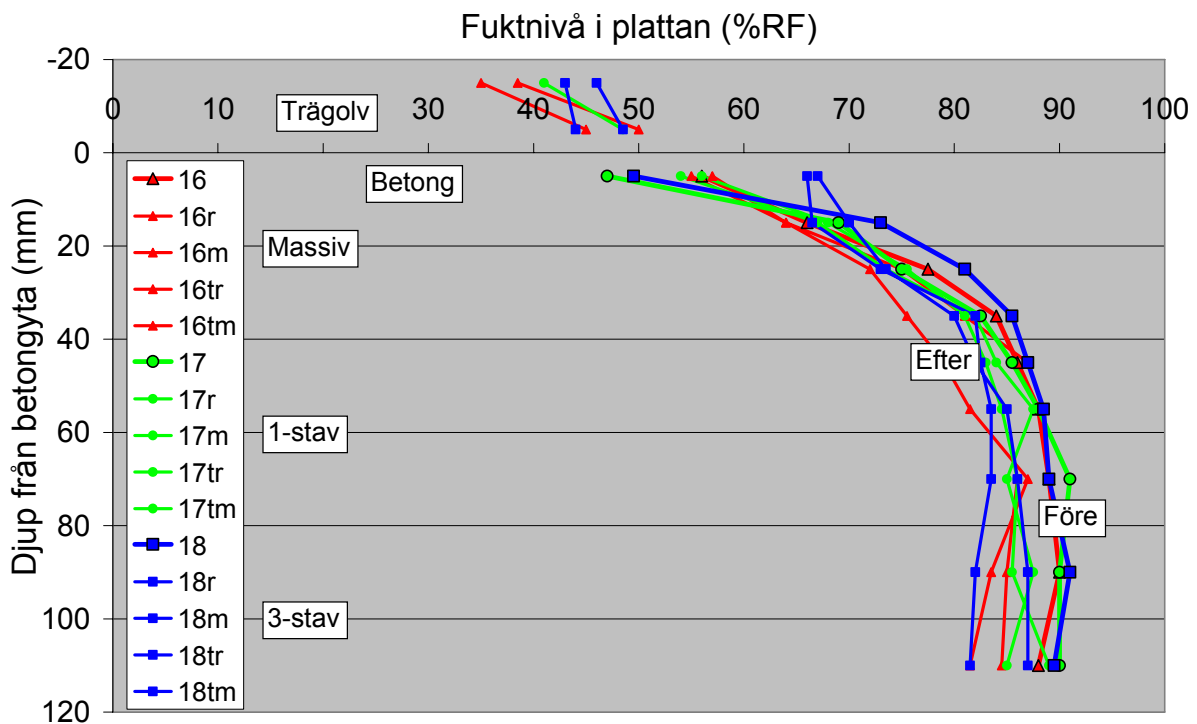
4.2 Fuktmätning

RF-mätningar utfördes på flera nivåer i plattan vid varje mättillfälle så att fuktprofiler kunde fastställas. Genom att utföra fukt-mätningar vid upprepade tillfällen kunde uttorkning och omlagring av fukt i plattorna efter golvbeläggningen utvärderas.

I figur 4.2.1 visas fuktprofiler från tre plattor som konditionerats på exakt samma sätt men har belagts med olika typer av trägolv. Plattorna (16 – 18) är gjutna med betong vct 0,6 och har torkat 10 veckor i 30 % RF innan de avjämnades och därefter ytterligare 2 veckor innan trägolven direktlimmades.

De tre kraftigare graferna som generellt sett har högst fuktillstånd är uppmätta precis innan trägolven limmades. Resterande profiler är uppmätta drygt tre månader senare, se bilaga C.

Beteckningen r står för att profilen är uppmätt invid värmeröret, tr innebär att värdena är uppmätta i trägolvet precis ovanför profil r. Beteckningen m står för att profilen är uppmätt mellan värmerören, tm innebär på samma sätt att värdena är uppmätta i trägolvet precis ovanför profil m.

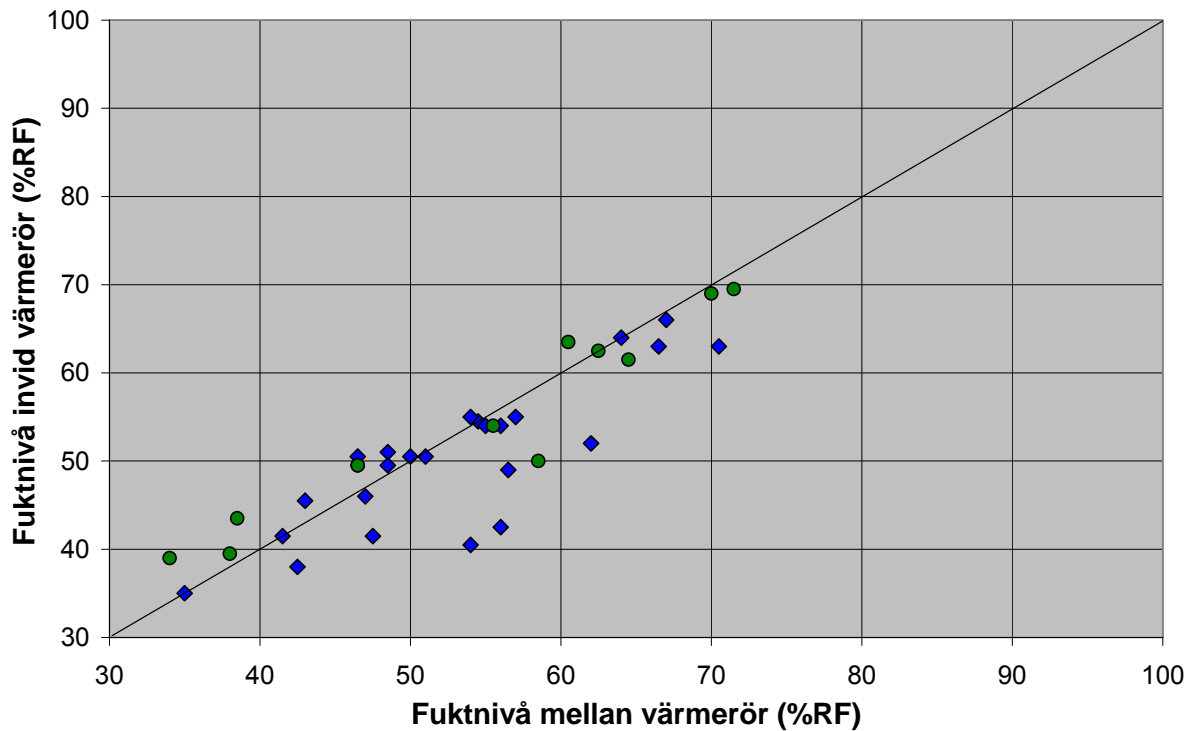


Figur 4.2.1 Fuktnivå i betongplattor 16 -18 med olika beläggningar, uppmätta före och efter omfördelning.

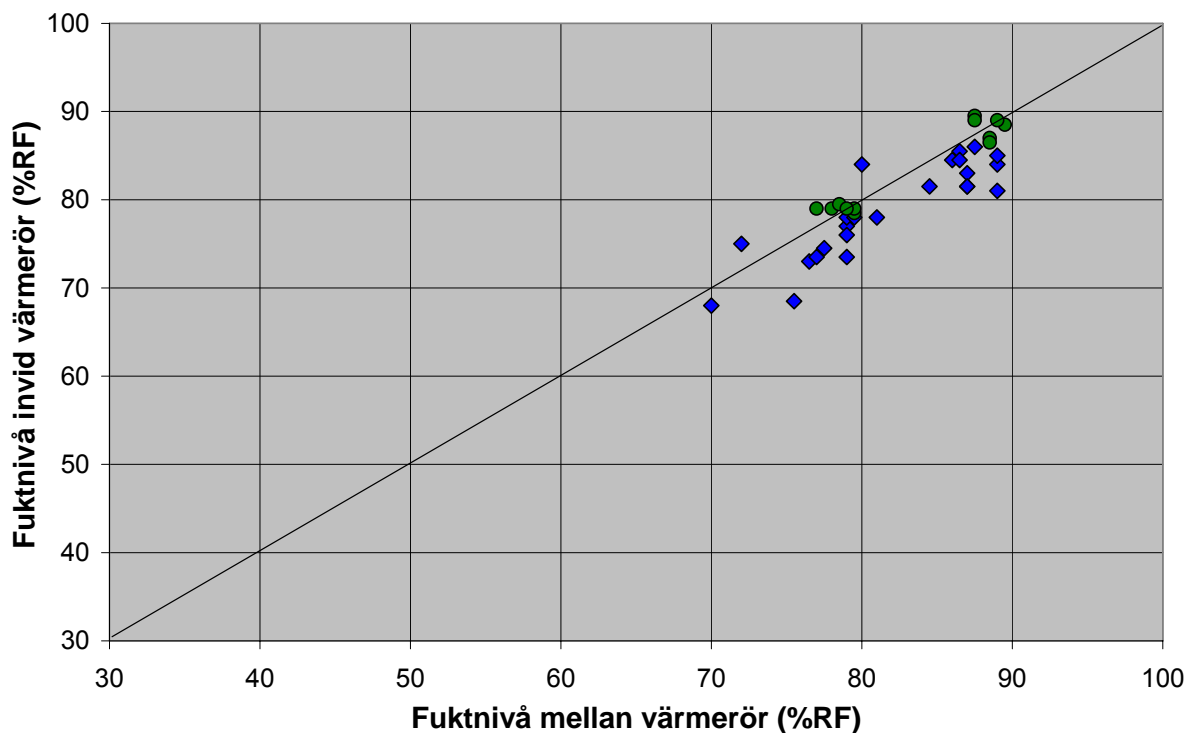
Resultatet visar att det sker en liten omfördelning av kvarvarande byggfukt i betongplattan efter det att trägolven limmas. Fuktnivån på det översta mätdjupet i betongen ökar ca 10 % RF från storleksordningen 45 % RF till 55 % RF på grund av det extra motståndet hos trägolvet.

Under samma period som ytans fuktnivå ökar så sjunker fuktnivån i resten av betongplattan. Detta är en följd av att fukt fortsätter att torka ut genom ytan även sedan trägolvet limmats.

Resultatet av fukt-mätningarna i samtliga plattor redovisas i Bilaga A och Bilaga B för de båda försöksserierna. I figur 4.2.2 och 4.2.3 sammanställs effekten av temperaturskillnader i sidled på fuktnivån. I nästa kapitel görs en statistisk analys av mätvärdena.



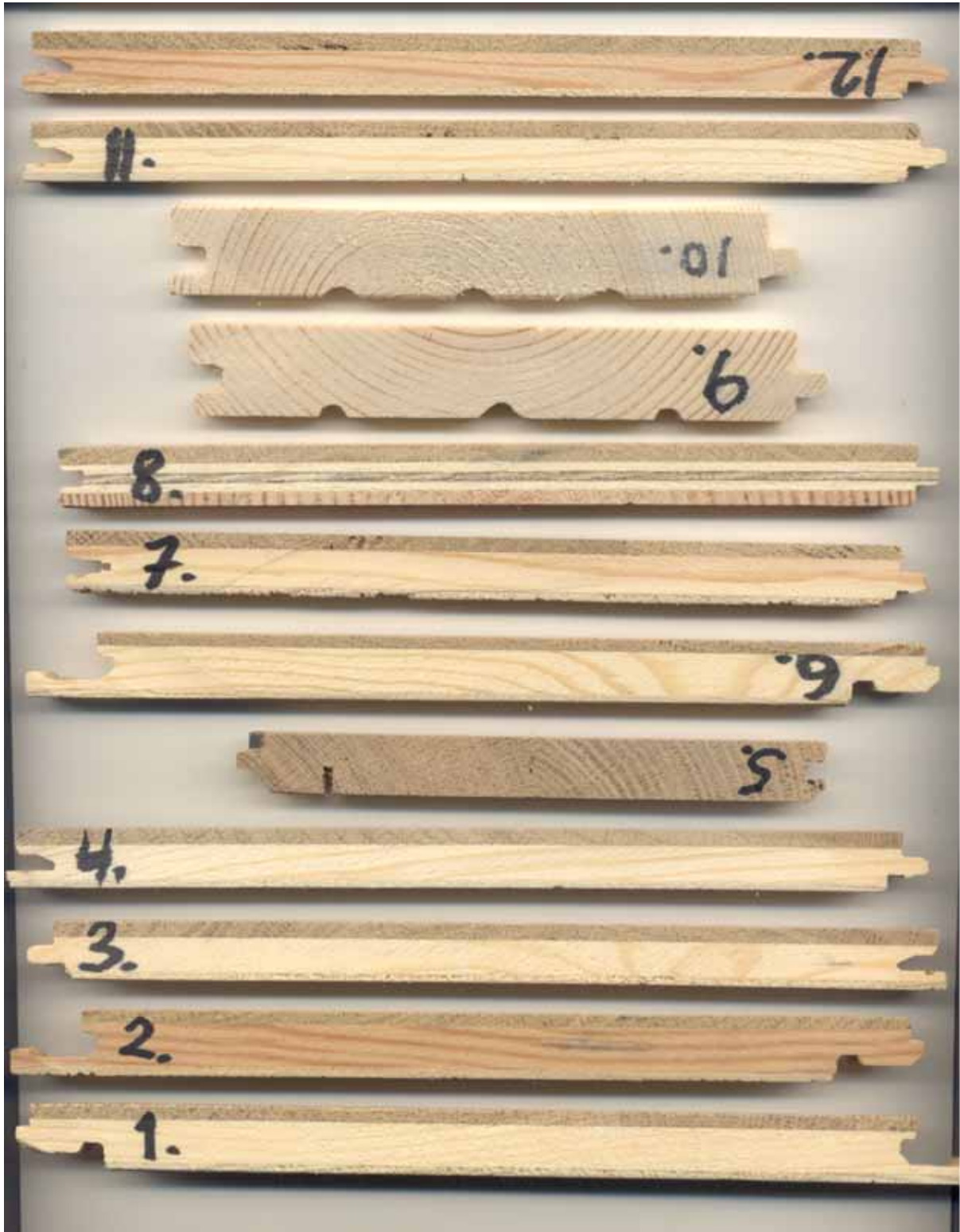
Figur 4.2.2 Uppmätta fukttillstånd i överkant av betongundergolvet, intill respektive mellan golvvärmerören. Gröna (cirklar) = RF60 första mätning, blå (romber) = RF60+RF30 sista mätning)



Figur 4.2.3 Uppmätta fukttillstånd i underkant av betongundergolvet, intill respektive mellan golvvärmerören. Gröna (cirklar) = RF60 första mätning, blå (romber) = RF60+RF30 sista mätning)

4.3 Materialegenskaper

Trägolvlleverantörerna tillhandhöll tolv olika trägolv, se figur 4.3.1 och 4.3.2. Av dessa är två massiva furugolv (nr 9 & 10) och ett är ett massivt ekgolv (nr 5). Övriga är lamellgolv av olika slag. Alla lamellgolven har ett slitskikt av ek, dels 1-stav och dels 3-stav, och alla utom ett (nr 8) har två ytterligare skikt, där mellanskiktet är stavar av barrträ med längsriktningen tvärs brädans längdriktning.



Figur 4.3.1 Tvärsnitt av de tolv tillhandhållna trägolven



Figur 4.3.2 Längdsnitt av de tolv tillhandhållna trägolven, numrerade 1-12 underifrån

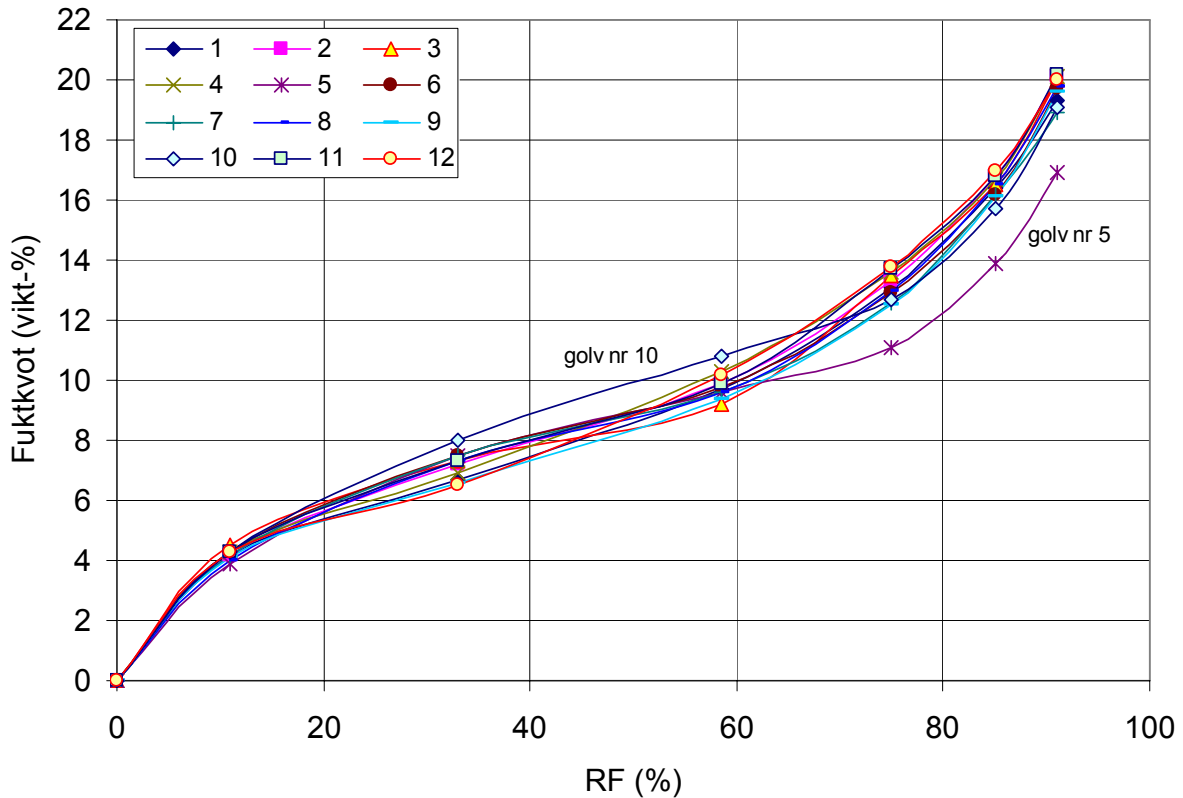
För samtliga tolv trägolv har väsentliga fuktegenskaper uppmätta. På provbitar av den typ som visas i figur 4.3.2 har sorptionskurvorna bestämts genom att placera provbitarna i klimatboxar med en fläkt och en mättad saltlösning. Saltlösningar har använts som ger 11 % RF (LiCl), 33 % (MgCl₂), 59 % (NaBr), 75 % (NaCl), 85 % (KCl) och 91 % (BaCl₂). När jämvikt erhållits bestämdes fuktkvoten hos respektive provbit genom vägning före och efter torkning i ugn vid +105°C. Resultaten för samtliga tolv trägolv visas i tabell 4.3.1 och i figur 4.3.3.

Tabell 4.3.1 Uppmätta jämviktsfuktkvoter i respektive klimat för de tolv trägolven

RF (%)	Fuktkvot (vikt-%)											
golv nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	4.2	4.2	4.5	4.3	3.9	4.3	4.2	4.0	4.1	4.3	4.3	4.3
33	6.7	7.2	7.3	6.9	7.5	7.5	7.5	7.3	6.6	8.0	7.3	6.5
59	9.7	9.9	9.2	10.3	9.6	9.8	9.6	9.6	9.4	10.8	9.9	10.2
75	13.1	13.3	13.5	13.6	11.1	12.9	12.6	13.0	12.5	12.7	13.7	13.8
85	16.4	16.8	16.5	16.7	13.9	16.2	16.2	16.5	16.1	15.7	16.8	17.0
91	19.3	20.1	20.0	20.1	16.9	19.7	18.9	19.8	19.6	19.1	20.2	20.0

Startpunkten för sorptionskurvan är mellan 40 och 50 % RF, kring en fuktkvot på ca 8 vikt-%. Det innebär att under 40 % RF är kurvan en desorptionskurva men över 50 % RF är det en scanningkurva. Den är då relevant för den första fortsatta uttorkningen och för den första uppfuktningen av ett levererat trägolv.

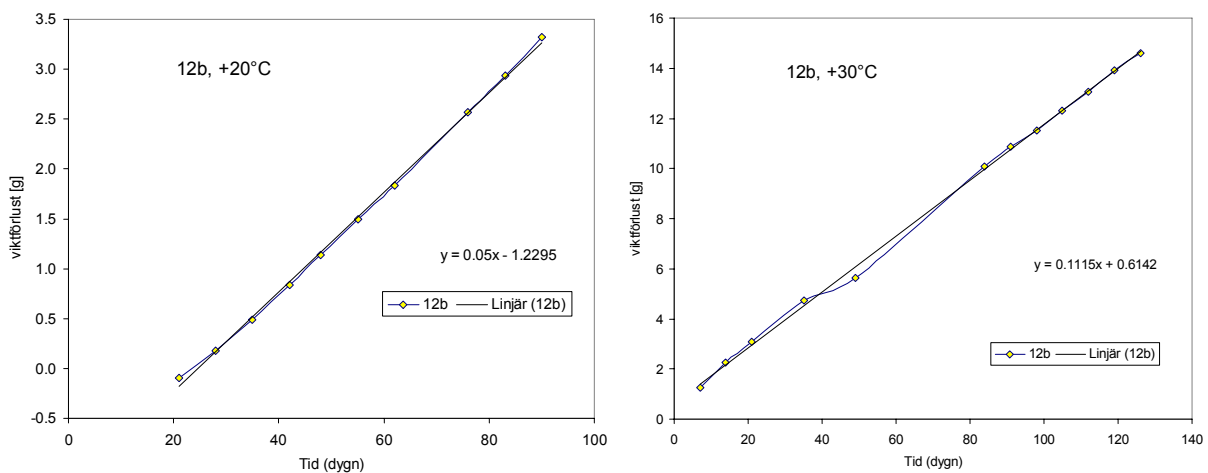
Sorptionskurvorna för de tolv trägolven ligger väl samlade, med undantag av golv nr 5 som är ett massivt ekgolv, och nr 10 som är ett av de massiva furugolven.



Figur 4.3.3 Uppmätta sorptionskurvor för de tolv tillhandhållna trägolven

Fuktransportegenskaper hos de tolv trägolven har bestämts med den så kallade koppmetoden. En rondell av trägolvmaterialet har placerats som lock på en glasskål med en mättad saltlösning i botten. Rondellerna placerades med slitskiktet uppåt och kanterna förseglades. Som saltlösning valdes NaCl som ger 75 % RF, relativt oberoende av temperatur.

Hälften av skålarna placerades i klimatrum med +20°C och 55 % RF. Den andra hälften placerades i en ugn i laboratoriet, med +30°C och 25 % RF i ugnen. Två skålar användes för respektive trägolv i respektive klimat. Skålarna vägdes regelbundet. Exempel på uppmätta viktförluster som funktion av tiden i de båda klimaten visas i figur 4.3.4.



Figur 4.3.4 Uppmätta viktförluster hos skålar med ett av de tolv tillhandhållna trägolven som lock. Trägolv nr 12 i de båda klimaten.

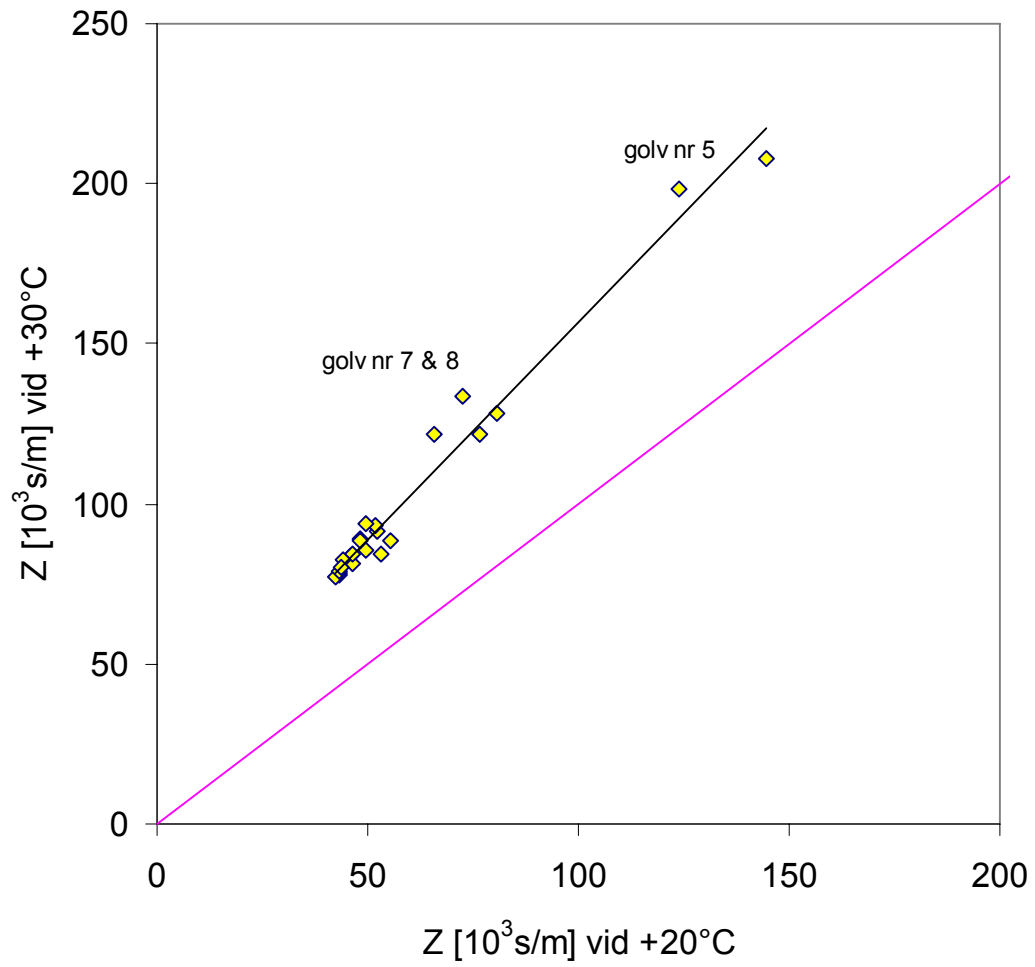
Ur viktförlusterna som funktion av tiden och rondellernas area beräknades fuktflödet. Med hjälp av ånghaltsdifferensen över rondellerna utvärderades sedan fuktmotståndet (Z) hos respektive provkropp. Korrektion för luftskiktets motstånd, ca $1.6 \cdot 10^3$ s/m, försumrades. Resultat för varje provkropp i de båda klimaten redovisas i tabell 4.3.2 och i figur 4.3.5.

Tabell 4.3.2 Uppmätta fuktmotstånd i respektive klimat för de tolv trägolven

Trägolvn nr	Provkropp nr	$Z(10^3 \text{ s/m}) +20^\circ\text{C}$			$Z(10^3 \text{ s/m}) +30^\circ\text{C}$		
		mätresultat	medel värde	SD	mätresultat	medel värde	SD
1	1a	52	51	2	91	89	4.1
	1b	50			86		
2	2a	43	43	0	78	78	0.3
	2b	43			78		
3	3a	52	50	3	93	91	2.9
	3b	48			89		
4	4a	42	43	1	77	78	1.2
	4b	43			79		
5	5a	124	134	15	198	203	6.8
	5b	145			208		
6	6a	46	46	0	83	83	0.7
	6b	45			82		
7	7a	81	79	3	128	125	4.7
	7b	77			122		
8	8a	72	69	5	134	128	8.6
	8b	66			122		
9	9a	56	54	2	34	31	4.7
	9b	53			28		
10	10a	47	48	2	81	88	8.8
	10b	50			94		
11	11a	48	47	1	88	86	2.6
	11b	46			85		
12	12a	44	44	0	82	81	1.6
	12b	44			80		

Som framgår av figur 4.3.5 är fuktmotstånden ungefär desamma för nio av de tolv trägolven, ca $50 \cdot 10^3$ s/m vid $+20^\circ\text{C}$ och ca $85 \cdot 10^3$ s/m vid $+30^\circ\text{C}$. Det massiva ekgolvet har mer än dubbelt så stort fuktmotstånd. Lamellgolven 7 och 8 har ca 40 % högre fuktmotstånd.

Att fuktmotståndet är högre vid $+30^\circ\text{C}$ än vid $+20^\circ\text{C}$ har en naturlig förklaring. Mätningarna vid de båda temperaturerna har gjorts i olika fuktintervall. Vid $+20^\circ\text{C}$ var RF-intervallet 55-75 % RF. Vid $+30^\circ\text{C}$ var RF-intervallet 25-75 % RF, dvs mycket torrare vid $+30^\circ\text{C}$. Trä har ett stort fuktberoende hos fukttransportkoefficienten också vid låga RF. På så sätt blir fuktmotståndet större om det använda RF-intervallet innehåller lägre fuktnivåer. Detta är också relevant för trägolvn på golvvärme, se nedan.



Figur 4.3.5 Uppmätta fuktmotstånd Z för de tolv tillhandhållna trägolven; jämförelse mellan de två klimaten

5. Statistisk utvärdering av mätresultaten

I detta kapitel redovisas en statistisk utvärdering av mätresultaten. Utvärderingen bygger på ett värde från varje uppmätt fuktprofil. Det är ett medelvärde av RF på de nivåer som uppmätts i betongen. Resultaten från samtliga mätningarna i varje enskild platta redovisas noggrant i bilaga A och B.

5.1 Flerfaktorförsök på två nivåer

Sättet som ingående parametrar varierades när provkropparna tillverkades, möjliggör att man kan dela upp försöksserien i fyra olika delar och utvärdera var och en av dessa delar som ett flerfaktorförsök i två nivåer. Se exempelvis Bergman (1992) där metoden med flerfaktorförsök på två nivåer beskrivs.

5.3 Utvärdering av övergripande faktorer för hela serien

I detta avsnitt utvärderas de övergripande parametrarna från hela studiens material. I följande avsnitt har studien delats upp i fyra delar för att kunna detaljstudera fler parametrar, se bilaga B.

De övergripande parametrarna är;

A = betongens vct. Plattorna har gjutits med antingen vct 0,4 eller 0,6 där det lägre vct anses ha en gynnsam verkan på uttorkningen genom självuttrökning. Lågt vct anges därför som den positiva nivån i utvärderingen, se tabell 5.3.1.

B = klimat. Torkklimatet som provkropparna placerade i efter att den initiella härdningen avslutats. Klimaten var 30 och 60 % RF där den lägre nivån anges som positiv i utvärderingen.

C = torktid. Lång eller kort torktid innan avjämnning och därefter limning av trägolven. De olika torktiderna skiljer sig åt för olika parameteruppsättningar. Exempelvis är torktiderna 2 respektive 3 månader för vct 0,6 i 60 % RF medan de bara är 1 respektive 2 månader för vct 0,4 i 60 % RF. Den långa torktiden har angetts som positiv nivå i utvärderingen.

D = golvtyp. 20 mm homogent trägolv eller 14 mm skiktat trägolv. Det homogena trägolvet har angetts som positiv nivå i utvärderingen.

E = provtagningsplats. Invid golvvärmör eller mitt i mellan rören. Invid rören har angetts som positiv nivå i utvärderingen.

Tabell 5.3.1. Fem olika faktorer i två nivåer

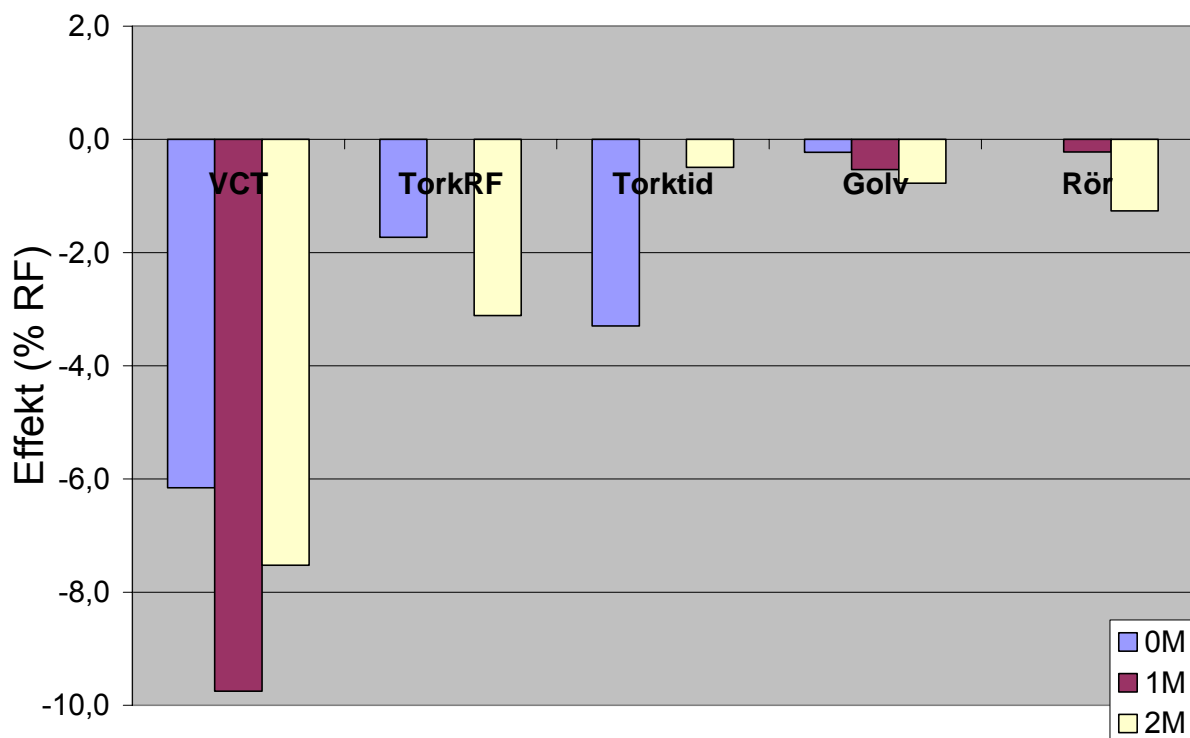
Parameter	A	B	C	D	E
Beskrivning	VCT	Klimat	Torktid	Golv	Provtagning
+	0,4	30%	Lång	Homogent	Invid rör
-	0,6	60%	Kort	Skiktat	Mellan rör
Effekt (%RF)	-7.8	-2.4	-1.3	-0.5	-0.5

Det visar sig i resultatet från försöken att faktor A, B och C har stor inverkan på medelfuktnivån i samtliga mätningar.

Faktor A, att använda betong med låg vct, sänkte medelfuktnivån med i storleksordningen 7,8 % RF.

Faktor B, att använda golvvärmen under uttorkningsperioden innan mattläggning, sänkte medelfuktnivån i den första mätningen med ca 5,5 % RF. Den bestående sänkningen efter ½-1 år var dock i storleksordningen 2,5 % RF.

Faktor C, att över huvud taget använda golvvärme, gav en bestående sänkning av medelfuktnivån på ungefär 3 % RF.



Figur 5.3.1 Effekterna av de fem olika parametrarna, vid tre olika tillfällen, enligt den statistiska analysen.

De blå staplarna (till vänster i varje grupp) redovisar effekten vid mätningarna som utfördes före limning av trägolvet. De röda staplarna (mitten) redovisar effekten vid mätningarna som utfördes ungefär en månad efter golvbeläggning. Notera att plattorna som torkades i 30 % RF inte mättes vid detta tillfälle. Därför är inte alla effekter redovisade vid detta tillfälle. De gula staplarna (till höger i varje grupp) redovisar effekten vid mätningarna som utfördes ungefär två månader efter golvbeläggning.

Betongens självuttorkning har störst effekt på hur torrt det blir under trägolvet. Därefter spelar torkklimatet och torktidens längd störst roll. Typen av trägolv, av de tre som användes, ger skillnader på mindre än 1 % RF! I sidled gör värmerören att det blir något torrare mellan rören än ovanför dem.

6. Parameterstudier

6.1 Beräkningsverktyg

Beräkningarna är utförda med datorverktyget VaDau som utvecklats på Byggnadsmaterial vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. Nedanstående beskrivning är huvudsakligen hämtat från Mattson (2001)

beräkningsprogrammet VaDau bygger på en finita-differensmodell för flöde i två dimensioner. Datorprogrammet är begränsad till 20 x 20 beräkningsceller och innehåller för närvarande tre olika beräkningsmodeller.

- **DDX** Generella flödesberäkningar med konstanta koefficienter för en typ av flöde.
- **DDXCC** Beräkning av hydrations-, temperatur- och hållfasthetsutveckling i betong.
- **DDXRT** Temperatur- och fukttransportberäkningar i hygroskopiska material beroende av relativfuktighet och temperatur samt med fuktberoende transportkoefficienter.

Endast DDXRT modulen har använts i denna studie.

Indatafiler till DDXRT

DDXRT.DAT

Filen innehåller ingångsdata för körning samt materialdata. Den är av typen textfil och dess uppbyggnad framgår av följande punkter, figur 6.1.1. Filen editeras med fördel i en vanlig texteditor exempelvis notepad.

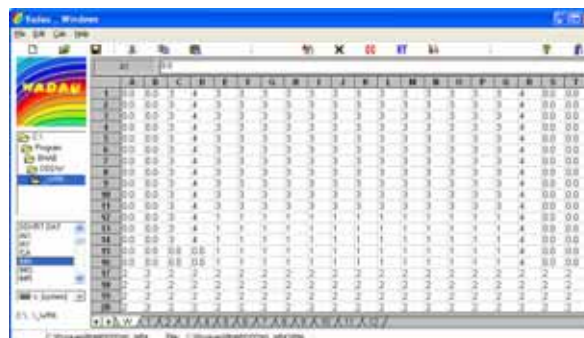
1. Totalt antal material beskrivna i filen.
2. Total beräkningstid i sekunder.
3. Ts anger konvergenskriterium som del av max tidssteg och kan varieras mellan 0 och 1.
4. Parametern rtr bestämmer hur många gånger oftare som temperaturen skall beräknas jämfört med fuktberäkningarna.
5. Medeltemperatur vid periodiska förlopp.
6. Temperaturamplitud.
7. Periodlängd i dagar.
8. Materialnummer, startar med 0.
9. Materialnamn, tre tecken.
10. We beskriver materialets sorptionskurva vid sju RH definierade av rad ett. Rad två beskriver desorption och rad tre absorption.
11. Dv beskriver materialets ånggenomsläpplighet enligt samma princip som under punkt 10.
12. Kp beskriver materialets vätskepermeabilitet enligt samma princip som under punkt 10.
13. Materialets porositet.
14. Iax och iay beskriver materialets lamдавärke i x-led respektive y-led.
15. Ica är materialets värmekapacitet.
16. Materialets densitet.

```
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16.
ima --- Btid --- ts --- rtr --- avg --- tamp --- tday ---
2 36000 1 10 7.8 5.0 1
Mp 0 por% **** iax ***** iay ***** ica ***** dens ***** Betong vct 0.66
070 17 1.7 1.7 950 2250
We -----
30 60 80 88 92 96 98
27 47 74 88 103 120 140
19 26 48 67 83 106 140
Dv -----
10 30 50 70 85 95 99
0.17e-6 0.17e-6 0.169e-6 0.168e-6 0.166e-6 0.162e-6 0.131e-6
0.17e-6 0.17e-6 0.169e-6 0.168e-6 0.166e-6 0.162e-6 0.131e-6
Kp -----
10 30 50 70 85 95 99
0.1e-25 0.1e-25 5.8e-20 3.74e-18 7.51e-17 7.06e-16 4.97e-15
0.1e-25 0.1e-25 5.8e-20 3.74e-18 7.51e-17 7.06e-16 4.97e-15
>> fortsättning för angivet antal material <<
```

Figur 6.1.1 Datafilen DDXRT.DAT

De övriga filerna som krävs för att kunna köra beräkningsrutinen är uppbyggda i matrisform och måste editeras med en speciell editor VaDau_Windows. Editorns principiella utseende framgår av figur 6.1.2.

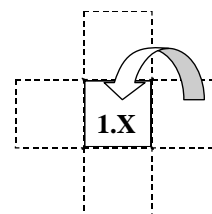
IMA	Matris för materialtyp.
IMR	Matris för cellens arbetsmod gällande fukttransport
IMT	Matris för cellens arbetsmod gällande värmeledning.
ISR	Matris för cellens startpotential för fukt. [% RH]
IST	Matris för cellens startpotential för temperatur. [°C]
IXY	Matris för cellens geometri. [m]



Figur 6.1.2 VaDau_Windows

I filerna **IMR** och **IMT** beskrivs cellens arbetsmod med avseende på fukt och värmeledning. Arbetsmoden beskrivs med ett tal som är avdelat med decimalpunkt ex 5.1, 5.12 och 5.34. Innebörden av dessa tal beskrivs nedan. Siffran före decimalpunkten kallas återföringsmod och beskriver från vilken av de närliggande cellerna som cellen skall ta sitt nya värde, se exempel i figur 6.1.3.

Mod 0	Cellen behåller sitt ursprungliga värde.
Mod 1	Cellen hämtar sitt nya värde från cellen till höger.
Mod 2	Cellen hämtar sitt nya värde från cellen under.
Mod 3	Cellen hämtar sitt nya värde från cellen till vänster.
Mod 4	Cellen hämtar sitt nya värde från cellen över.
Mod 5	Cellen antar det beräknade värdet.
Mod 7	Cellen följer ett sinusförlopp med värden angivna i DDXRT.DAT filen (endast tillgänglig i IMT).
Mod -1	Cellens värde beräknas som ett jämnviktsvärde mellan grancellerna. Jämnvikten bestäms genom viktning av grancellernas tröghet. Moden är användbar vid ex. luft-spalter då cellens tidsteg är mycket kort.



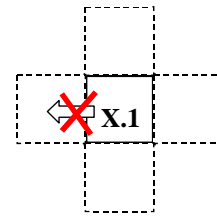
Figur 6.1.3 Exempel på återföringsmod

Siffran efter decimalpunkten kallas körningsmod och används för att hindra flödet från en cell till en annan, se figur 6.1.4.

- .1 Inget flöde beräknas åt vänster.
- .2 Inget flöde beräknas uppåt.
- .3 Inget flöde beräknas åt höger.
- .4 Inget flöde beräknas nedåt.

Körningsmoder kan kombineras för att skapa begränsningslinjer och hörn

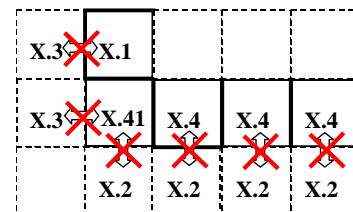
- .12 Inget flöde åt vänster och uppåt.
- .23 Inget flöde uppåt och åt höger.
- .34 Inget flöde åt höger och nedåt.
- .41 Inget flöde nedåt och åt vänster.



Figur 6.1.4 Exempel på körningsmod

Vid begränsningar av flödet mellan celler är det viktigt att beakta att om begränsningen enbart är införd i den ena av de två gränsande cellerna så är flödet endast stoppat i en riktning se figur 6.1.5.

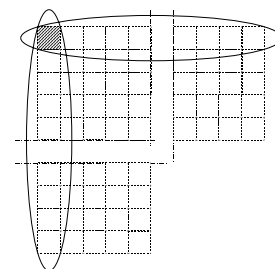
När körningsmoder kombineras för att skapa hörn är det av största vikt att moderna kombineras rätt dvs. medurs .12, ...



Figur 6.1.5 Exempel på körningsmoder kombinerade till ett hörn

Filen IXY bör även nämnas då den är lite speciell på det sättet att den endast innehåller värden i den vänstra kolonnen och i den översta raden. I den vänstra kolonnen anges cellernas höjd och i den övre raden cellernas bredd.

I och med att den översta vänstra cellen är gemensam för den aktuella raden och kolonnen anger den med ett värde både höjd och bredd för berörda celler se figur 6.1.6



Figur 6.1.6 Indatafilen IXY

Utdatafiler från DDXRT

Beräkningsresultaten erhålls som 12 filer av typerna OR och OU, linjärt fördelade under beräkningstiden.

OR1...12 som beskriver cellernas fuktillstånd i % RH.

OU1...12 som beskriver cellernas temperatur i °C

För att kunna läsa filerna i exempelvis Excel måste man först öppna dem med VaDau_Windows för att sedan kopiera värden och klistra in dem på ett kalkylblad.

6.2 Beräkningsförutsättningar

Fuktberoende materialdata för beräkningarna är hämtade från Sjöberg & Nilsson (2007).
Värden för betong och trä framgår av tabell 6.2.1.

Tabell 6.2.1. Materialdata använda i beräkningarna, Sjöberg & Nilsson (2007).

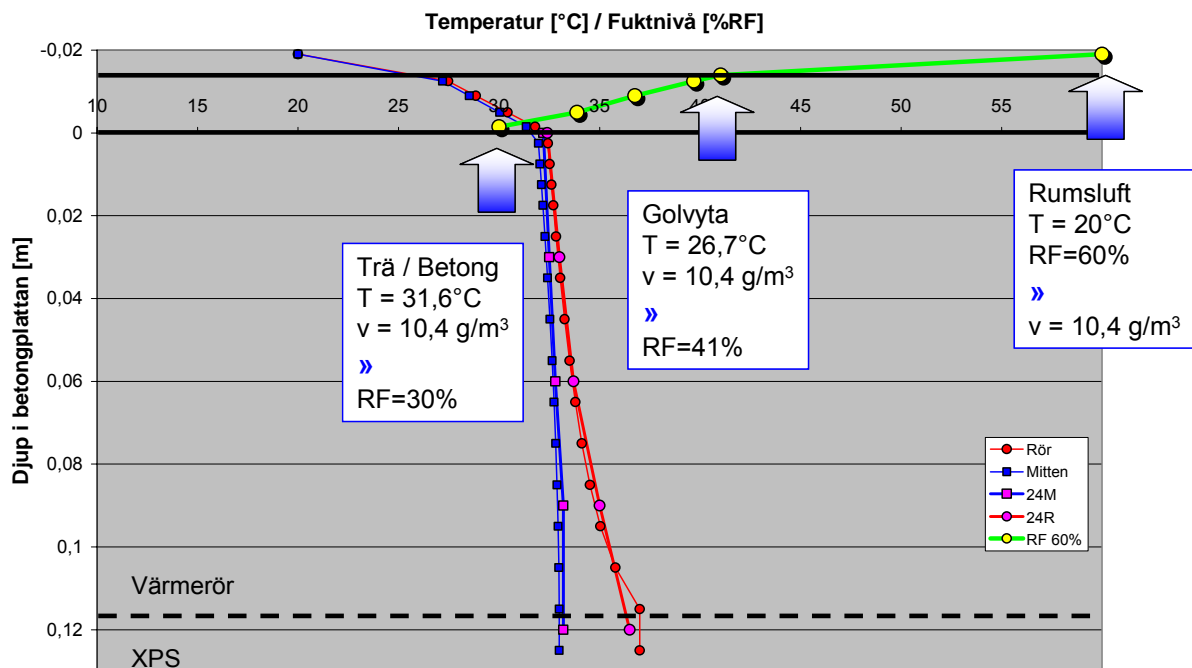
	% RF		10	30	50	70	85	90	95	99
Trä	W	kg/m ³	29	42	60	79	103	116	134	152
	δ	m ² /s	2.0·10 ⁻⁷	5.5·10 ⁻⁷	11·10 ⁻⁷	20·10 ⁻⁷	33·10 ⁻⁷	39·10 ⁻⁷	52·10 ⁻⁷	65·10 ⁻⁷
	Kp	kg/m	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻²⁶
Btg	W	kg/m ³	20	27	40	60	83	95	115	140
	δ	m ² /s	3.0·10 ⁻⁷	3.0·10 ⁻⁷	3.0·10 ⁻⁷	3.0·10 ⁻⁷	2.9·10 ⁻⁷	2.9·10 ⁻⁷	2.9·10 ⁻⁷	2.3·10 ⁻⁷
	Kp	kg/m	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻²⁶	1.0·10 ⁻¹⁹	9.9·10 ⁻¹⁸	9.6·10 ⁻¹⁷	1.3·10 ⁻¹⁵	2.4·10 ⁻¹⁵	6.2·10 ⁻¹⁵

PE-folie behandlas i beräkningarna som om den vore absolut tät.

6.3 Torkförutsättningar vid 30 & 60 % RF i rummet

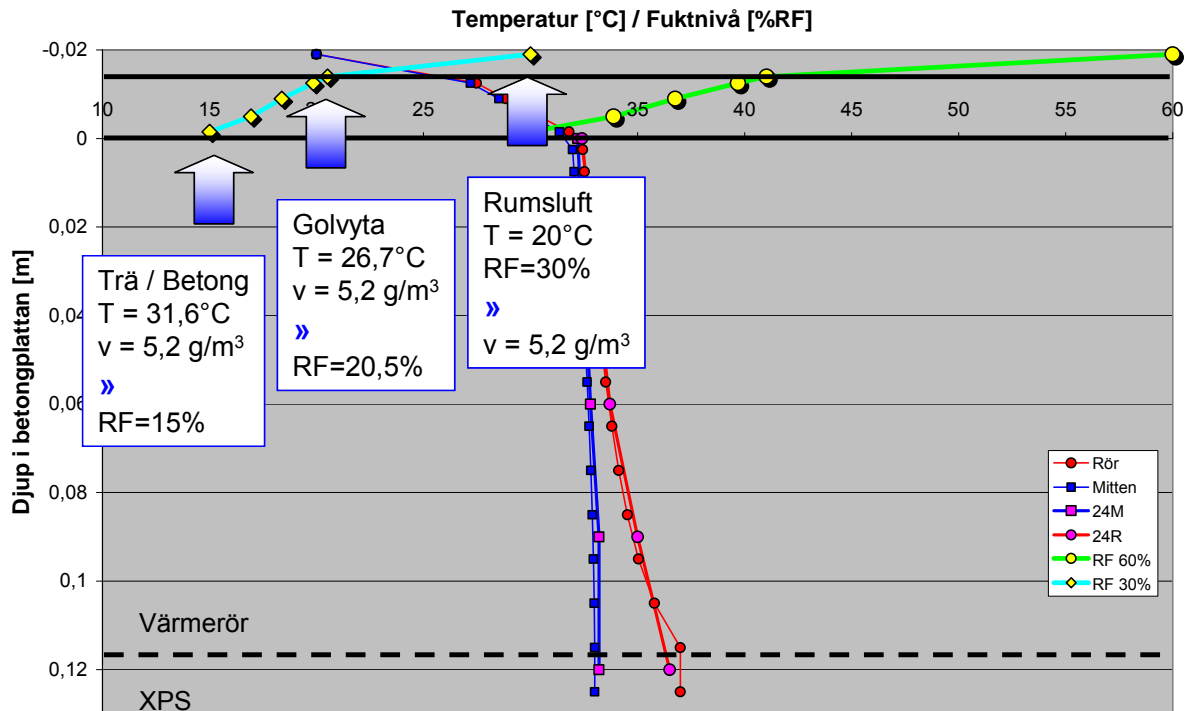
Trägolvet isolerar mot värmeavgivning men släpper genom fukten från betongen, detta får till följd att RF blir mycket lågt i underkant av trägolvet.

Beräkningar visar att om trägolvet läggs på en fuktisolering ställer fuktprofilen genom trägolvet snabbt in sig så att ånghalten överensstämmer med rumsluftens ånghalt, se figur 6.3.1. Med den stora temperaturgradienten genom trägolvet, blir det då mycket torrare, ca 30 % RF, i underkant av trägolvet än i överkanten, som har ca 41 % RF.



Figur 6.3.1 Uppmätt temperaturfördelning i plattan och beräknad fuktfordelning i trägolvet då ånghalten utjämnats, dvs med trägolvet på fuktisolering, rumsluft med 60 % RF och 20°C.

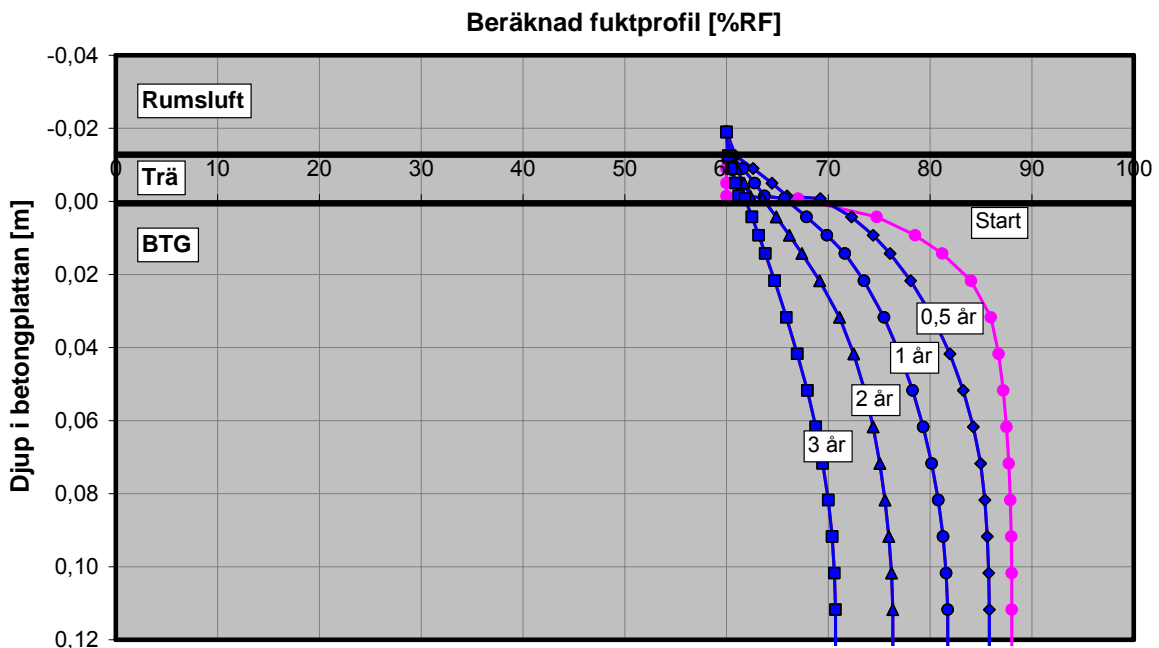
Med ett torrare rumsklimat, 30 % RF, blir effekten ännu kraftigare, se blå kurva i figur 6.3.2. Trägolvet överyta får nu 20.5 % RF och underkanten blir så torr som 15 % RF!



Figur 6.3.2 Beräknad fuktfördelning i trägolvet, på tät fuktisolering, då ånghalten utjämnats mot rumsluft med 30 % RF och 20°C.

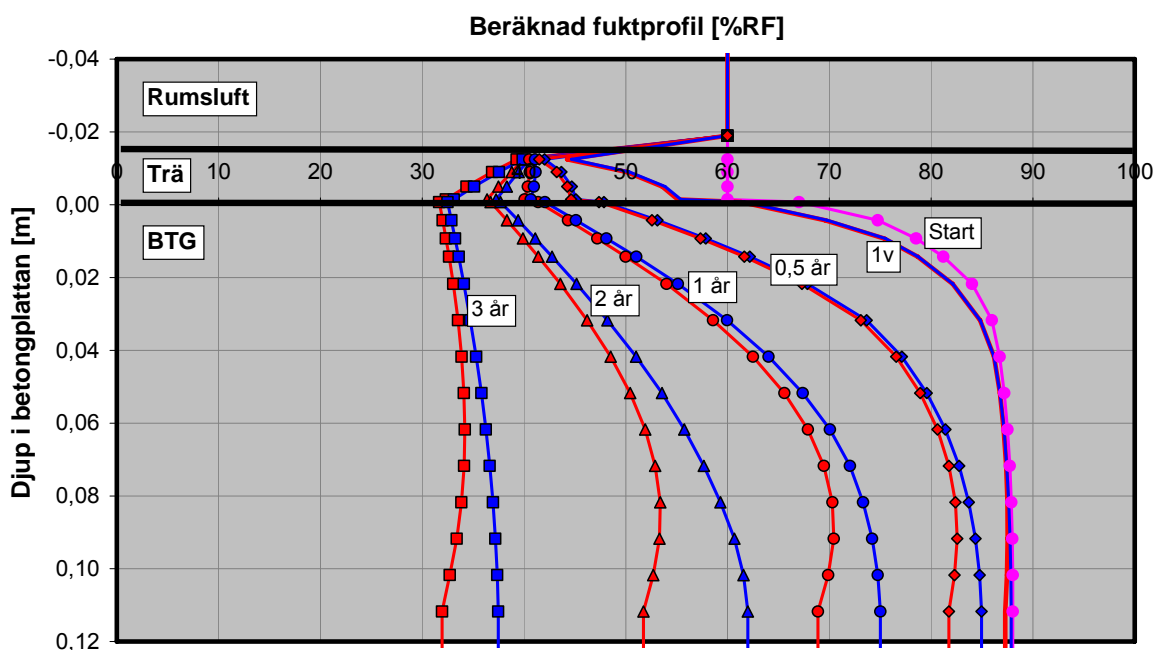
6.4 Torkning på lång sikt

Nedanstående figurer visar resultat av beräkningar av hur fuktfördelningen genom betongundergolvet och trägolvet förändras under en treårsperiod, med och utan golvvärme, när trägolvet är limmat mot den fuktiga betongen utan fuktisolering. Betongen har vct 0.6 och trägolvet är ett 14 mm lamellgolvl.



Figur 6.4.1 Beräknad fuktfördelning i trägolvet, som limmats på en fuktig betongplatta, utan golvvärme

Utän golvvärme, se figur 6.4.1, blir trägolvet uppfuktat från ett antaget startfuktillstånd på 60 % RF till ett maximalt fuktillstånd på ca 70 % RF i underkant av trägolvet. Därefter sjunker RF med tiden, efter hand som betongplattan torkar ut genom trägolvet.



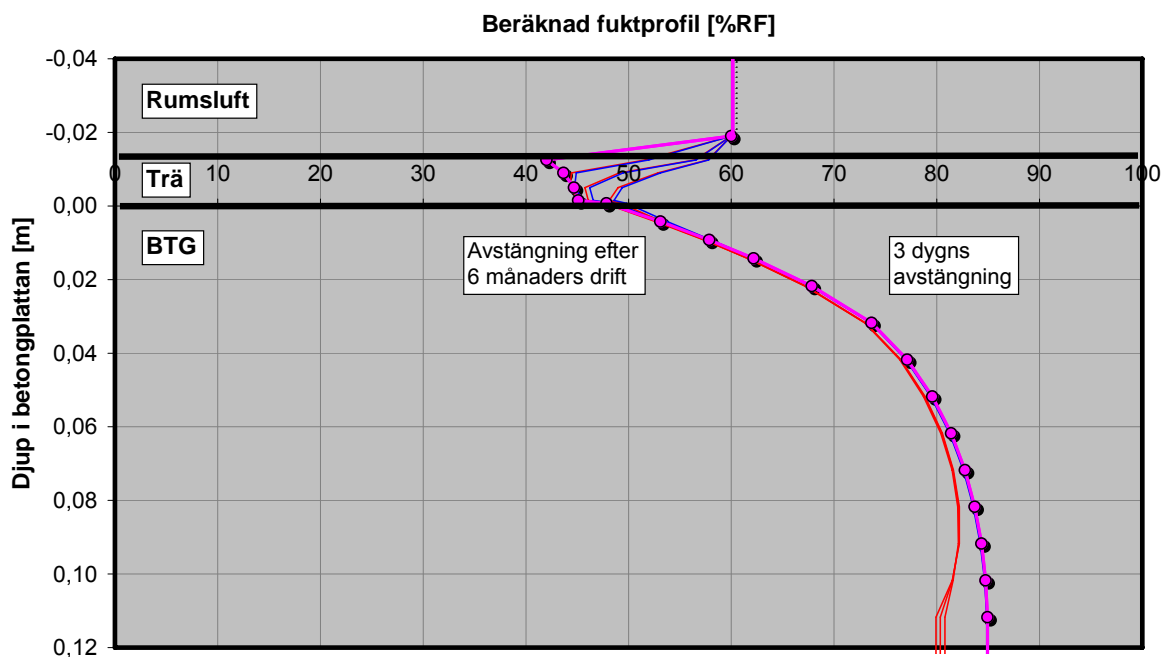
Figur 6.4.2 Beräknad fuktfördelning i trägolvet, som limmats på en fuktig betongplatta, med golvvärme

Med golvvärme, se figur 6.4.2, medför den stora temperaturgradienten över trägolvet att trägolvet omedelbart börjar torka ut, trots att betonggolvet var lika fuktigt. Det går snabbt i början; på mindre än en vecka har trägolvet torkat avsevärt, från 60 % RF till under 45 % RF i överkant. Efter hand som betonggolvet nu torkar ut, genom trägolvet, sjunker RF i ytan av betongplattan och i underkanten av trägolvet. Efter ett år är RF nere på ca 40 % RF genom hela trägolvet och följande år närmar sig RF 30 % i underkant av trägolvet.

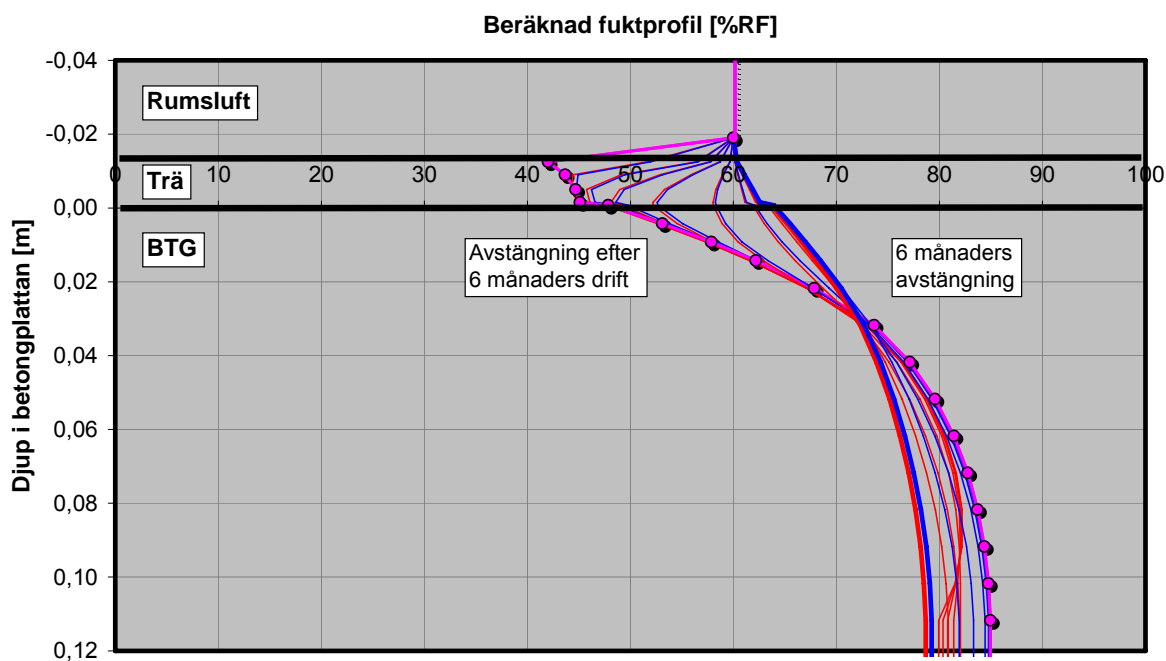
6.5 Avstängning av golvvärme

Nedanstående figurer visar beräkningsresultaten för fall med vct 0.6 och 14 mm skiktat trägolv (parkett), då golvvärmens stängs av efter sex månaders drift, dvs sex månaders uttorkning av betongplattan genom trägolvet och uttorkning av trägolvet. Redan efter tre dygns avstängning av golvvärmens, se figur 6.5.1, har trägolvet fuktats upp igen, från 42 % RF i överytan till ca 57 % RF. Redan efter tre dygns avstängning har fuktprofilen i trägolvet vänt sig. Detta fenomen ser man i mätningar, t ex i platta 2 och 3 i bilaga A.

Efter 6 månader, se figur 6.5.2, har trägolvet fuktats upp så det i det närmaste står i "jämvikt" med betongen. Under denna första period kan trägolvet ta upp fukt ur inomhusluften. Efter att "jämvikten" uppnåtts kan fukt igen torka ut genom golvet.



Figur 6.5.1 Beräknade fuktprofiler genom plattan då golvvärmen slås av efter 6 månaders drift samt de tre första dygnet efter avstängning.

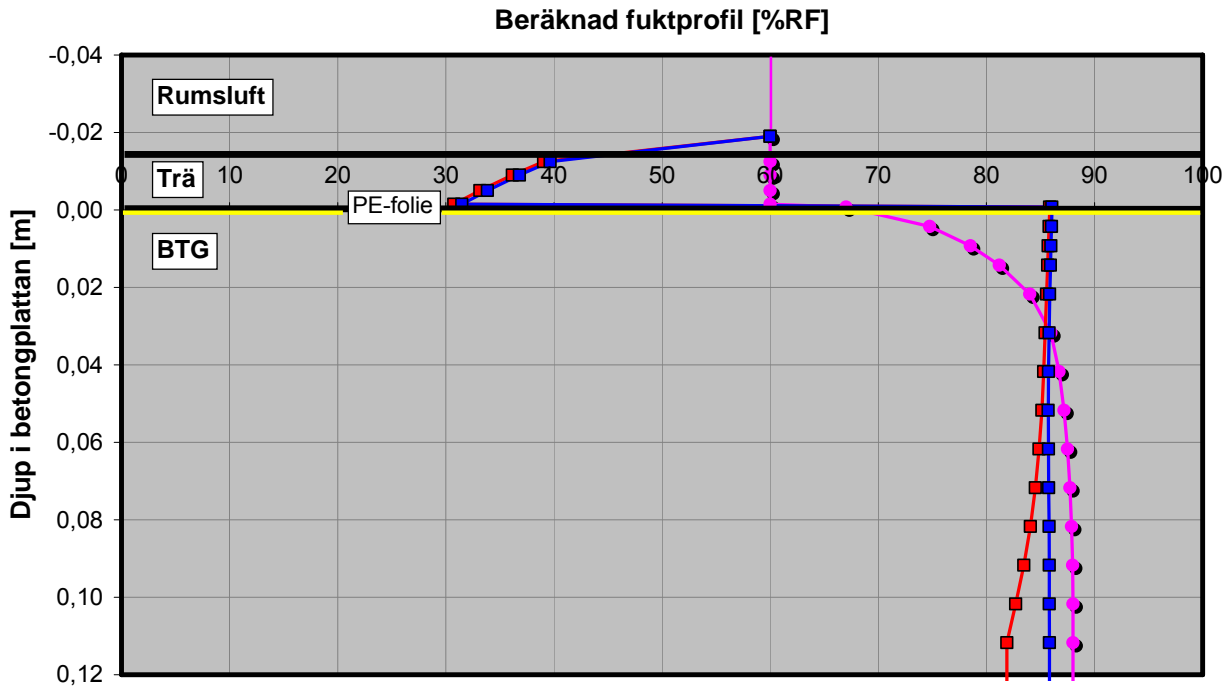


Figur 6.5.2 Beräknade fuktprofiler genom plattan då golvvärmen slås av efter 6 månaders drift samt omfördelning under sex månader efter avstängning.

Varje avstängning av golvvärmen får alltså till följd att fuktgradienten genom trägolvet byter riktning.

6.6 Plastfolie under trägolvet

Nedanstående figur visar att man inte kan skydda sig mot problem genom att använda plastfolie under trägolvet på betonggolvet med golvvärme. Det blir istället extremt torrt mycket fortare och detta kan leda till problem med ytskiktet. Trägolvet torkar ut snabbare än om det limmas och det blir fort extremt torrt i underkant av trägolvet.



Figur 6.6.1 Beräknade fuktprofiler genom betongplattan och trägolvet om trägolvet läggs på en fuktisolering på en betongplatta med golvvärme. 60 % RF i rumsluften.

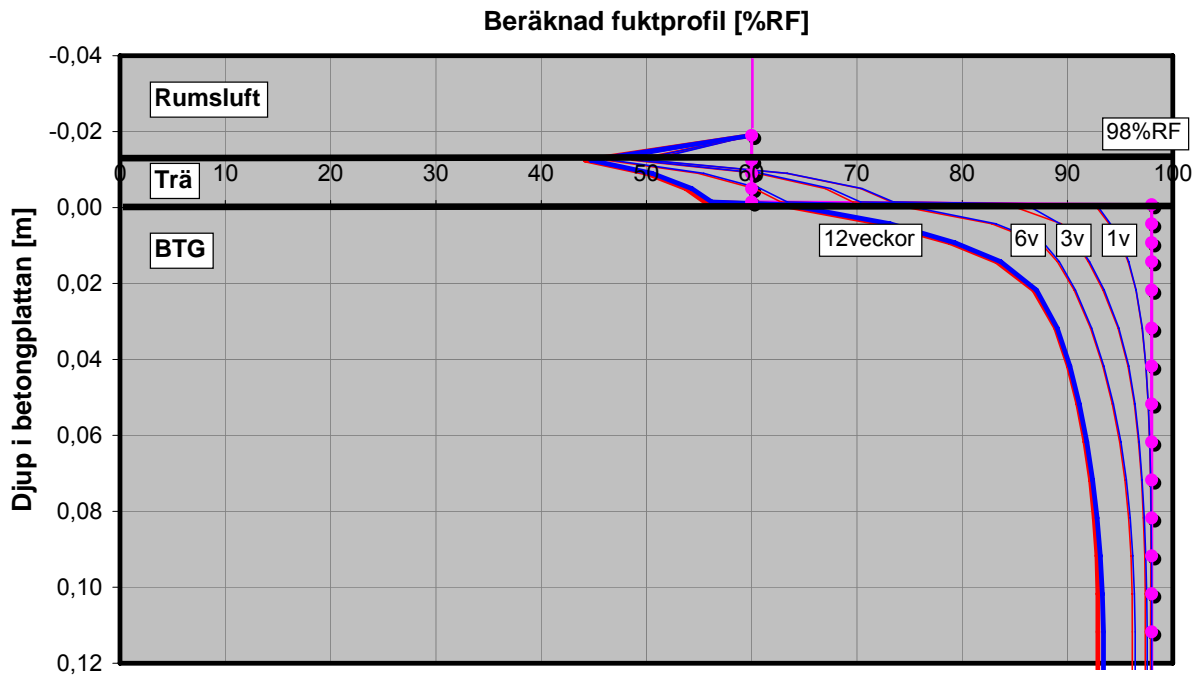
6.7 Mycket fuktigt undergolv

Nedanstående figur visar vad som händer om man, hypotetiskt, skulle limma ett trägolvet på ett mycket fuktigt betongundergolv. På bara några veckor torkar man ut ytan i betonggolvet avsevärt.

Denna snabba uttorkningseffekt skulle man kunna dra nytta av. Betongen behöver inte vara torr på mätdjupet. Det räcker med att det är yttorr innan trägolvet appliceras om det finns golvvärme. Resten torkar ut av sig självt efter att golvet lagts.

I beräkningsexemplet är det 98 % RF genom hela betongundergolvet ända upp i betongens överyta. Då blir RF i underkanten av trägolvet högre än 75 % under mer än en månad, dvs det är stor risk för mögelpåväxt. Hade man torkat ut betongytan något, men det fortfarande är fuktigt på mätdjupet, skulle detta undvikas. Ett sådant fall är tydligt beräkningsbart och kan fuktsäkerhetsprojekteras.

Problemet är alltså inte att det blir för fuktigt, utan att det kan bli för torrt



Figur 6.7.1 Beräknade fuktprofiler genom betongplattan och trägolvet om trägolvet läggs på en fuktisolering på en betongplatta med golvvärme. 60 % RF i rumsluften.

7. Vidhäftning

I de olika försöksserierna planerades att mäta vidhäftningen mellan trägolven och undergolvet för att se om den påverkats av fuktförhållandena. Det upptäcktes då att det hade varit svårt att få en heltäckande vidhäftning överhuvudtaget, se figur 7.1.1 och 7.1.2.



Figur 7.1.1 Parkettbräda som bara fått vidhäftning på en del av ytan.

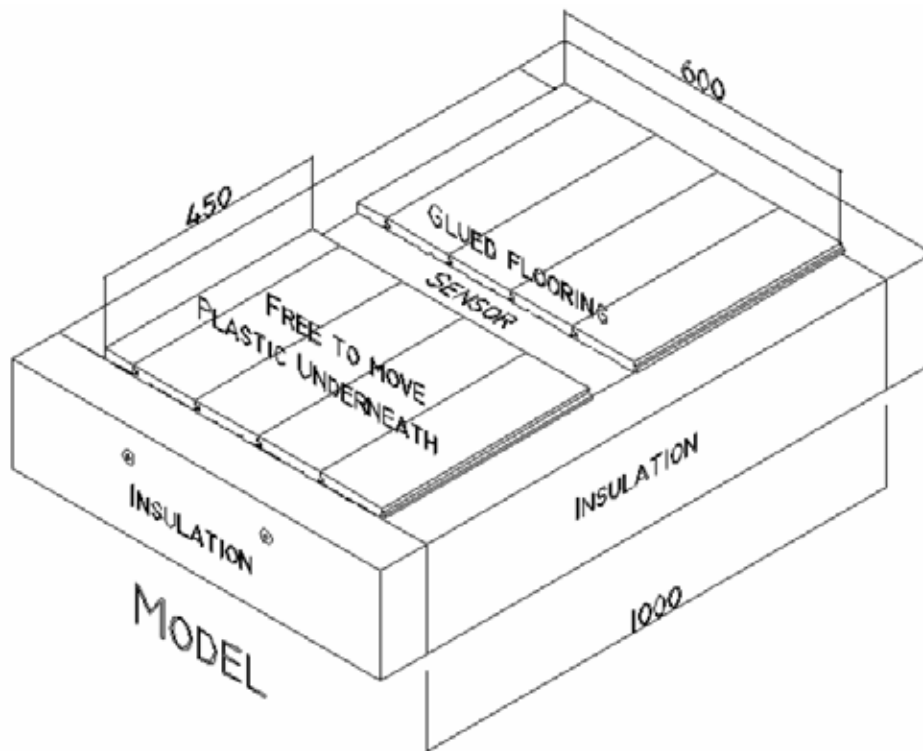


Figur 7.1.2 Från ett försök till vidhäftningsprovning på en massiv bräda där limmet inte ens var i kontakt med brädan.

Massiva brädor hade så stor kupning vid läggning att limmet aldrig kom i kontakt med hela brädan. Här kan man verkligen ifrågasätta hur AMA:s krav på buktighet och toleranser för underytan (betongen) samt trägolvsstillverkarnas toleranser på kupighet hänger ihop med limmets tjocklek. I försöken var trägolvytorna små, ca 600 x 1000 mm, och trägolven belastades med sandsäckar efter limning. På normalstora ytor bör vidhäftningsvariationerna bli ännu större.

8. Rörelser

I anslutning till projektet genomfördes ett examensarbete av Mark Demmrich, Demmrich (2006), för att studera trägolvens rörelser och för att bedöma vilka spänningar som kan uppstå. Mätningar gjordes på provkroppar av den typ som visas i nedanstående figurer, en för respektive massivgolv, 1-stavs och 3-stavsgolv. I studien ingick också ett golv av små, massiva ekstavar.



Figur 8.1 *Försöksuppställning för att mäta rörelser hos trägolv limmade respektive löslagda på betongundergolv med golvvärme, Demmrich (2006).*

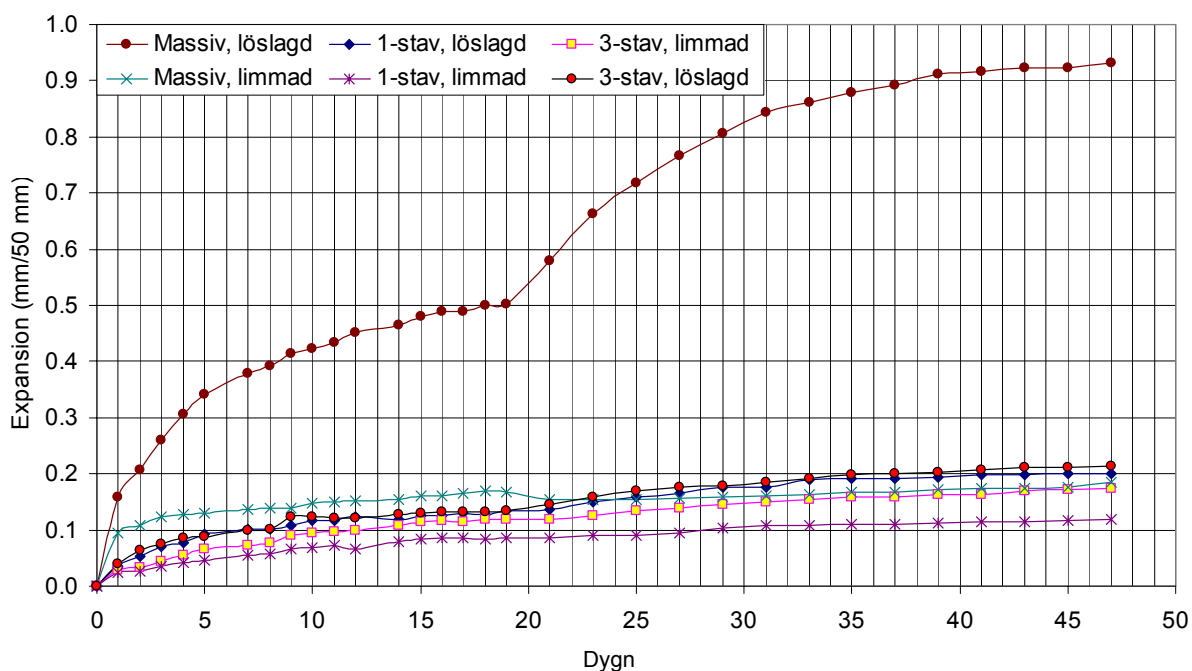


Figur 8.2 *Två av provplattorna med löslagda (nedtill) respektive limmade (upptill) 3-stavs- (vänster) och 1-stavs lamellgolv, foto Demmrich (2006).*

På trägolven mättes rörelsen tvärs brädorna på en mätsträcka av 50 mm med fastlimmade dubbar. Kupningen mättes på en sträcka av 130 mm med en mätlocka fastsatt på en mätbrygga. Springan mellan brädorna mättes med ett sprickmikroskop genom att limma fast stålbrickor alldeles intill brädkanen, eftersom denna inte var tillräckligt väldefinierad.

En del av resultaten redovisas här. För en fullständig resultatredovisning hänvisas till Demmrich (2006).

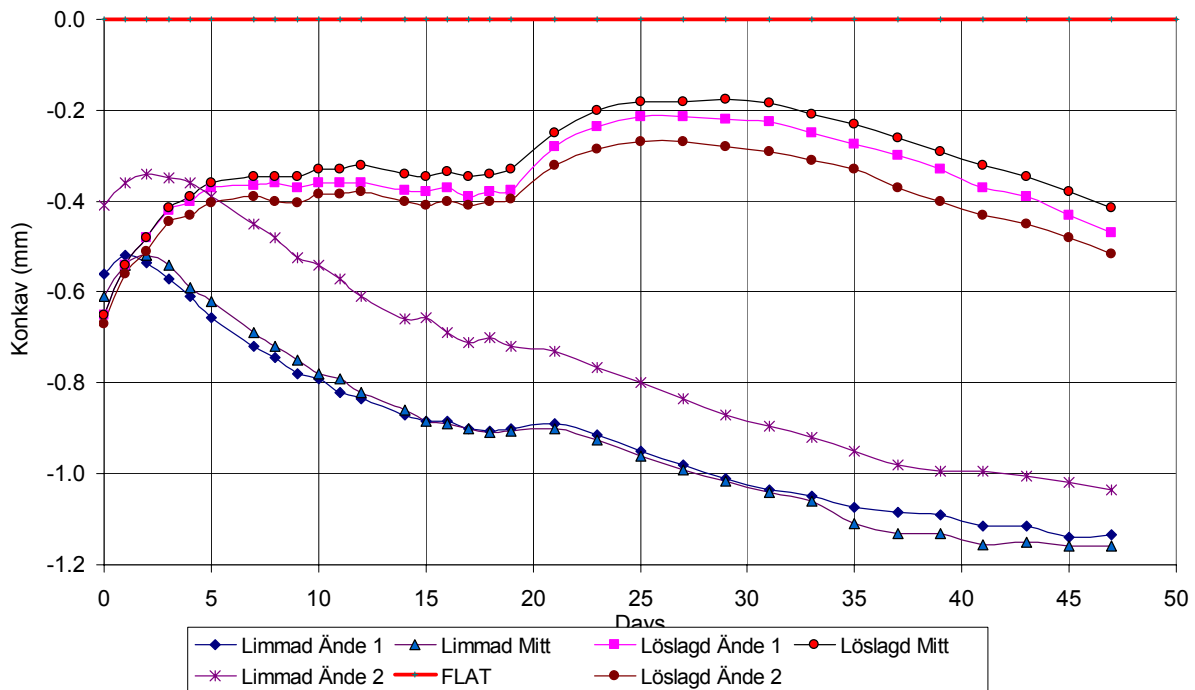
8.1 Uppfuktning från 30 % till 60 % RF med golvvärme på



Figur 8.1.1 Rörelser hos tre olika typer av trägolv, limmade respektive löslagda på folie, Demmrich (2006). Uppfuktning från 30 till 60 % RF med golvvärme på; golvvärme avstängd efter 19 dygn i 60 % RF

Det massiva, löslagda trägolvet sväller kraftigt vid uppfuktningen och svällningen ökar markant då golvvärmen stängs av. Övriga golv får bara en marginell svällning, men den ökar kontinuerligt under en och en halv månad.

I figur 8.1.2 visas kupningen hos massivgolven under samma period. Vid uppfuktningen kuper sig de löslagda och de limmade på helt olika sätt. Uppfuktningen ger en svällning först av överytan. Då ”lyfter” mitten av både de löslagda och de limmade brädorna, men de limmade får snabbt en kupning på andra hållet. Avstängningen av golvvärmen efter 19 dygn ger också kupning åt olika håll för de limmade respektive de löslagda.



Figur 8.1.2 Ändring av kupningen hos massivgolven då de utsätts för 60 % RF efter att ha varit i jämvikt med 30 % RF, limmade respektive löslagda på folie, Demmrich (2006). Uppfuktning från 30 till 60 % RF med golvvärme på; avstängning av golvvärmen efter 19 dygn.

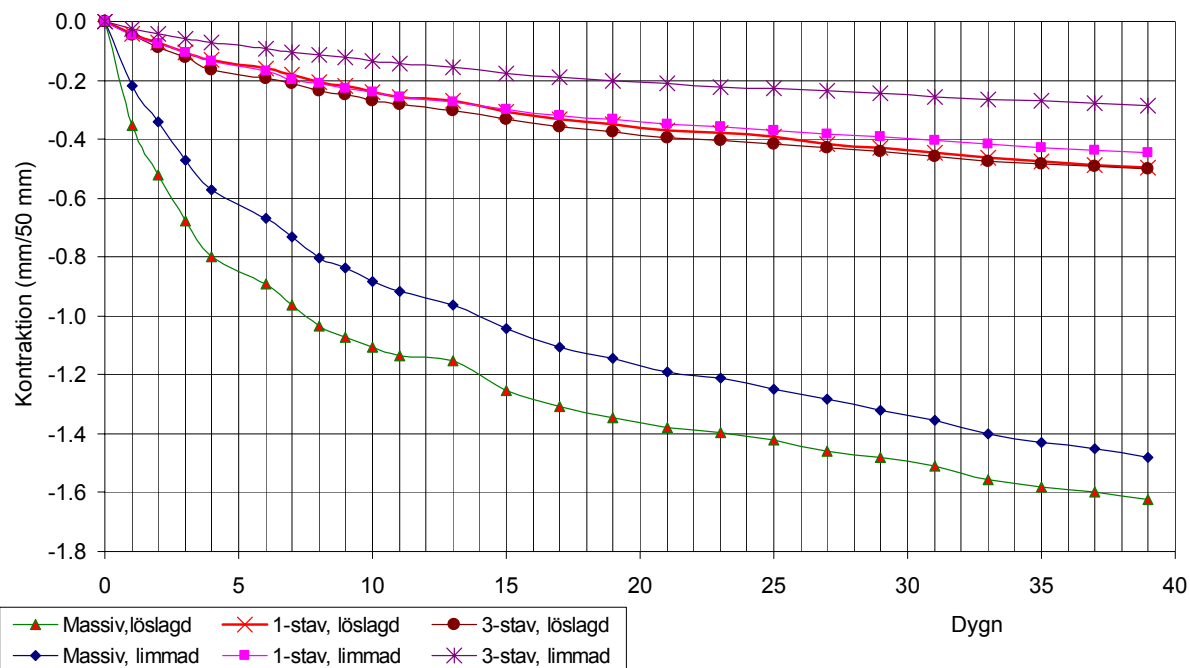
8.2 Uttorkning i 10 % RF

För att simulera extremt torrt vinterklimat, som man får kalla vintrar särskilt på trätytor med golvvärme, hölls RF i ett klimatrum så lågt som 10 %, från att ha varit 60 % RF. Detta gav naturligtvis stor krympning, stora springor och en initiell kupning av brädorna, se figur 8.2.1 och 8.2.2.

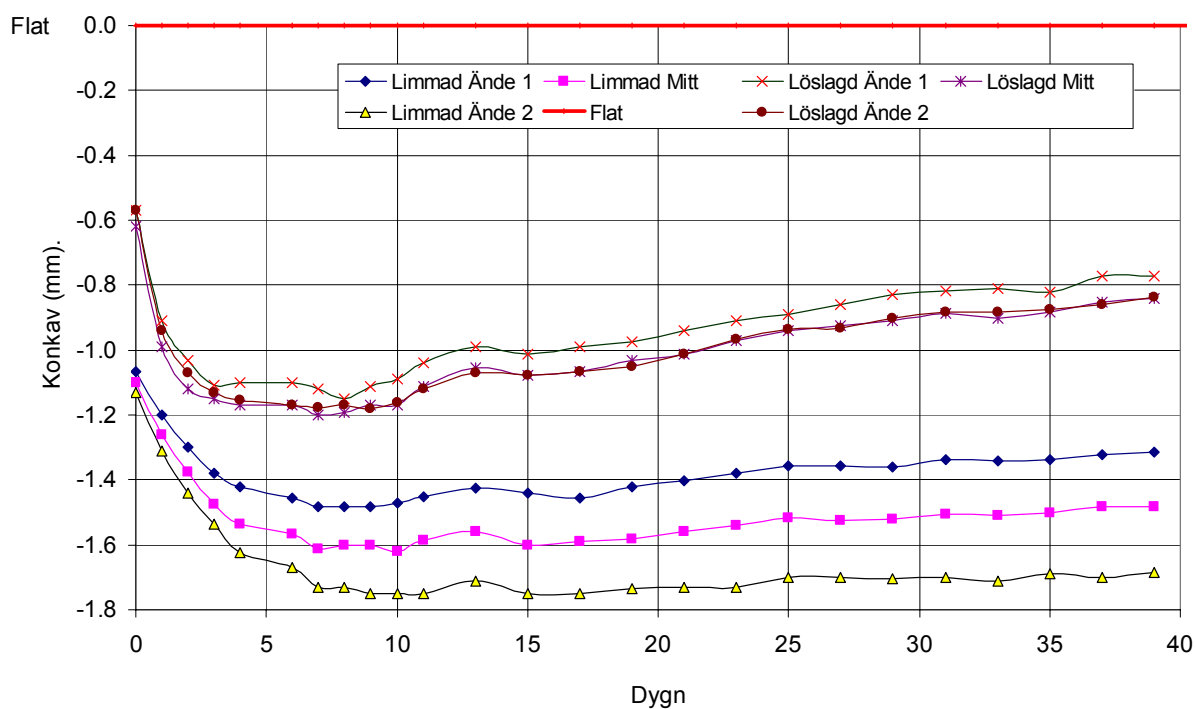
Båda massivgolven krympte ungefär lika mycket, dvs det ”limmade” sitter inte fast i underlaget! Brädorna var ursprungligen helt hopsplagna, men springbredden ökade naturligtvis i det torra klimatet.

De massiva brädorna var något konkavt kupade och detta ökade snabbt då de torkade i 10 % RF. Efter några dygn går denna ökade kupning tillbaka, men relativt långsamt, långsammare för de limmade golven.

I detta sammanhang kan det vara lämpligt att citera ur *Golv till Tak nr 4, 2007*: ”När (trä)golvet utsätts för kraftiga variationer i relativ fuktighet och när den relativa fuktigheten är extremt låg, är risken stor att stavsläpp uppstår.Om det händer, beror (det) oftast på att golvet utsätts för en för stor variation av den relativa fuktigheten, det vill säga (att) golvet har inte brukats enligt leverantörens anvisningar.”, Sjelin (2007).



Figur 8.2.1 Rörelser hos tre olika typer av trägolv, limmade respektive löslagda på folie, Demmrich (2006). Uttorkning från 60 till 10 % RF.



Figur 8.2.2 Kupning hos tre olika typer av trägolv, limmade respektive löslagda på folie, Demmrich (2006). Uttorkning från 60 till 10 % RF.

9. Konklusioner

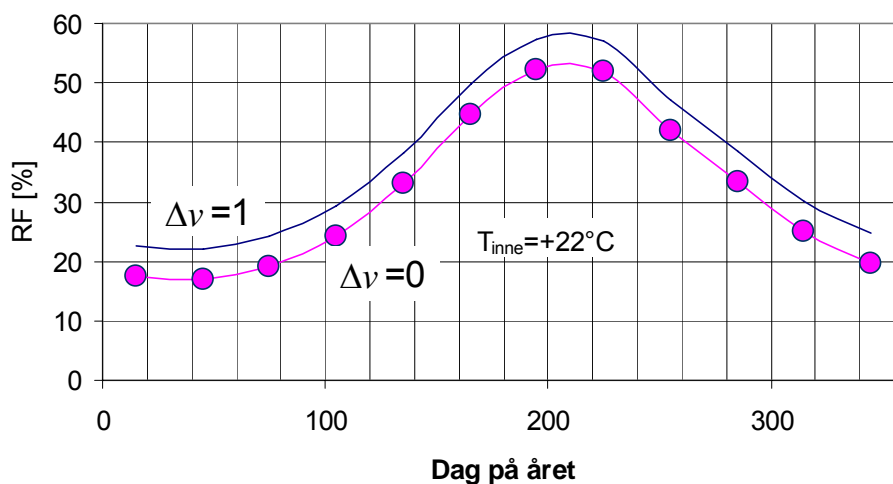
Vi ser inga egentliga fuktrisker med att limma trägolv på varma betonggolv, tvärtom! Golven blir på sikt mycket torra och riskerar krympa i sådan omfattning att de kan spricka, lossna från underlaget eller få stavsläpp. Om man lägger en plastfolie mellan betong och trägolv blir de mycket torra ännu fortare, men spänningarna bör bli mindre eftersom de då inte hindras från att krympa.

Vid nedlimning hjälper betongen till att skydda systemet från direkt uttorkning, med på sikt blir det torrt. Eftersom studien designades och inriktades mot risker med för fuktiga golv är det svårt att säga något säkert om risken med för torra golv. Sannolikt blir sprickbilden och frekvensen annorlunda om golvet limmas jämfört med om det ligger löst på en plastfolie.

Stora brister i vidhäftningen till underlaget visade sig fast det hade vidtagits extraordinära åtgärder vid limningen (belastade golvet med sandsäckar). Limfogen klarade inte av att överbrygga mellanrummet som uppstod på grund av avjämningsmassans ojämnheter och trägolvetns skevhet. Detta bör beaktas.

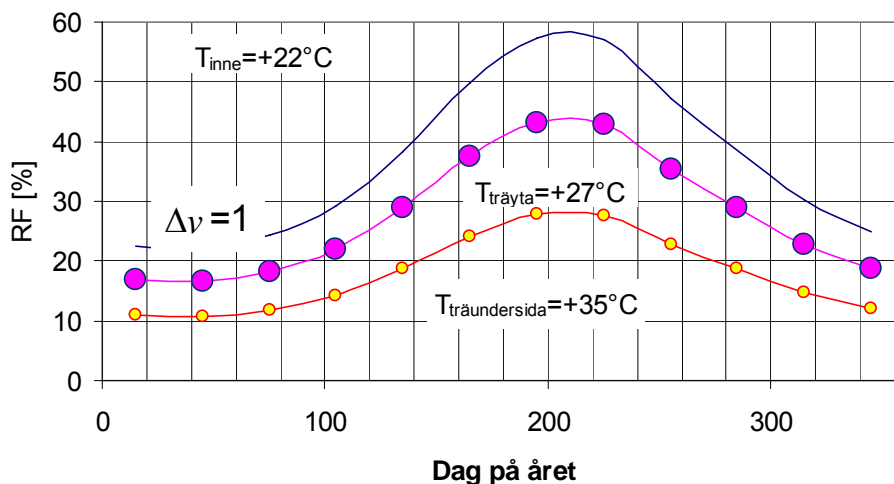
Olika trägolv har ungefär samma fuktegenskaper. Enstaka skillnader på ca 40 % har uppmätts utan att det gick att förklara. Fuktmotståndet är större då golvet är varmt och det har torkat en längre tid.

Många trägolvleverantörer anger i sina leveransvillkor att golven inte får utsättas för relativa fuktigheter utanför intervallet 30-60 % RF. Detta är fullständigt orimligt med de normala inneklimat vi har i moderna hus med mekanisk ventilation. En enkel beräkning av förväntade månadsmedelvärden hos RF i trägolv ges i figur 9.1 utan golvvärme, och i figur 9.2 med golvvärme.



Figur 9.1 Beräknade RF inomhus, som månadsmedelvärden under en årscykel, med antagande om samma ånghalt som i uteluften, alternativt ett fukttillskott på 1 g/m^3 . Brommaklimat från Harderup (1999) och innetemperatur av $+22^\circ\text{C}$.

Med ett fukttillskott av 1 g/m^3 och innetemperaturen $+22^\circ\text{C}$ blir månadsmedelvärdet av RF inomhus under 30 % RF mer än fyra månader om året! Vissa år och längre norrut i landet blir det naturligtvis ännu torrare än så och under ännu längre perioder.



Figur 9.2 Beräknade RF i ett trägolv på betongplatta med golvvärme, som månadsmedelvärden under en årscykel, med antagande om ett fukttillskott på 1 g/m^3 jämfört med uteluften. Brommaklimat från Harderup (1999) och innetemperatur av $+22^{\circ}\text{C}$.

Under hela perioden som golvvärmen är inkopplad har trägolvs undersida lägre än 30 % RF. Även trägolvs översida är så torr mer än halva året. Undersidan får dessutom en RF ner mot 10 % RF under ett antal månader på vintern.

I projektet har inga skador på trägolven upptäckts. Undersökningsperioden har varit relativt kort, bara något år, och trägolven har inte kunnat torka ut på undersidan eftersom de limmats på en fuktig betongplatta. I samtal med trägolvleverantörer framkommer att de i många fall tror att deras produkter klarar denna extrema uttorkning relativt väl. De är betydligt mera bekymrade för den uppfuktning man kan få varma, fuktiga somrar, då eventuell golvvärme är avstängd och vissa byggnader till och med kyla.

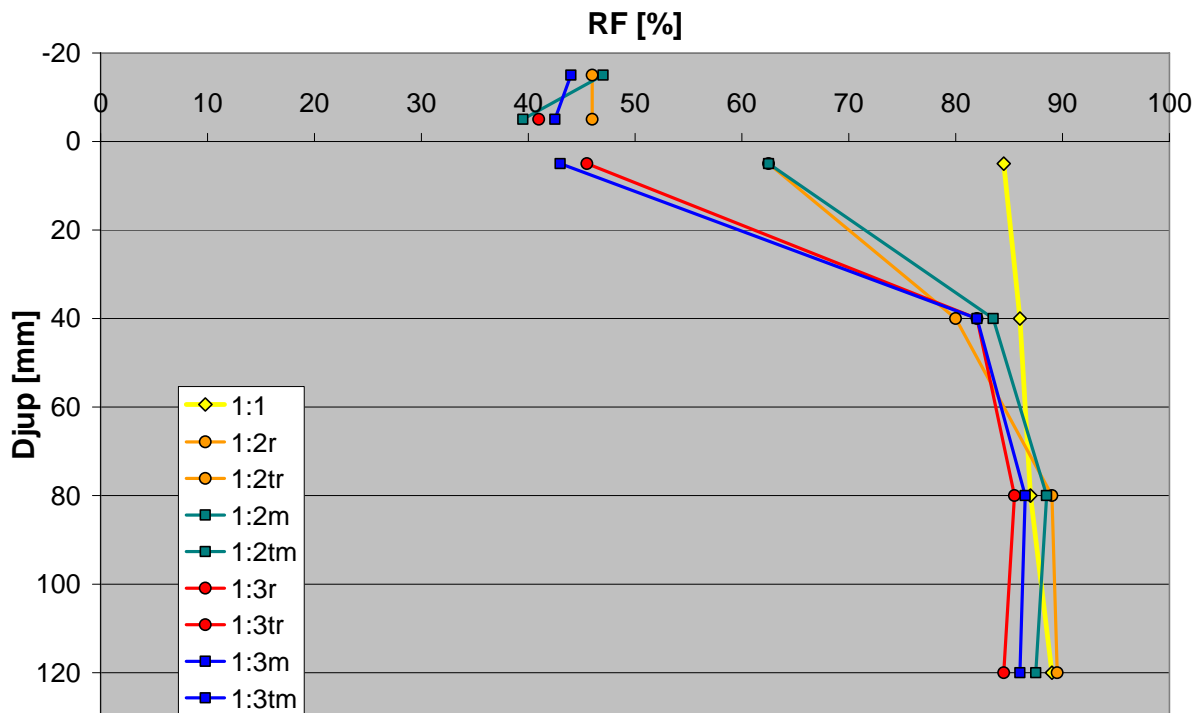
Projektets slutsatser (gäller naturligtvis bara när golvvärmen är påslagen) är i punktform följande:

- Det är inga egentliga risker för "fuktproblem" med varma trägolv. Tvärtom!
- En eventuell fuktisolering hindrar inte problem i varma trägolv, utan skapar dem!
- Avstängning av golvvärmen kan skapa problem, första året.
- Det är svårt att åstadkomma bra vidhäftning med massiva brädor!
- Det är naturligt att trägolv får springor vintertid!
- Det är naturligt att de blir större med golvvärme!
- Golvbrädor vill kupa sig omväxlande uppåt och nedåt då golvvärmen sätts på och av!
- Golvleverantörernas krav 30-60 % RF är orimliga på varma golv!
- Det finns dock gränser för hurdana klimatpåfrestningar trägolv kan utsättas för. Extrem uppfuktning sommartid kan då vara ett större problem än extrem uttorkning vintertid vid användning av golvvärme.

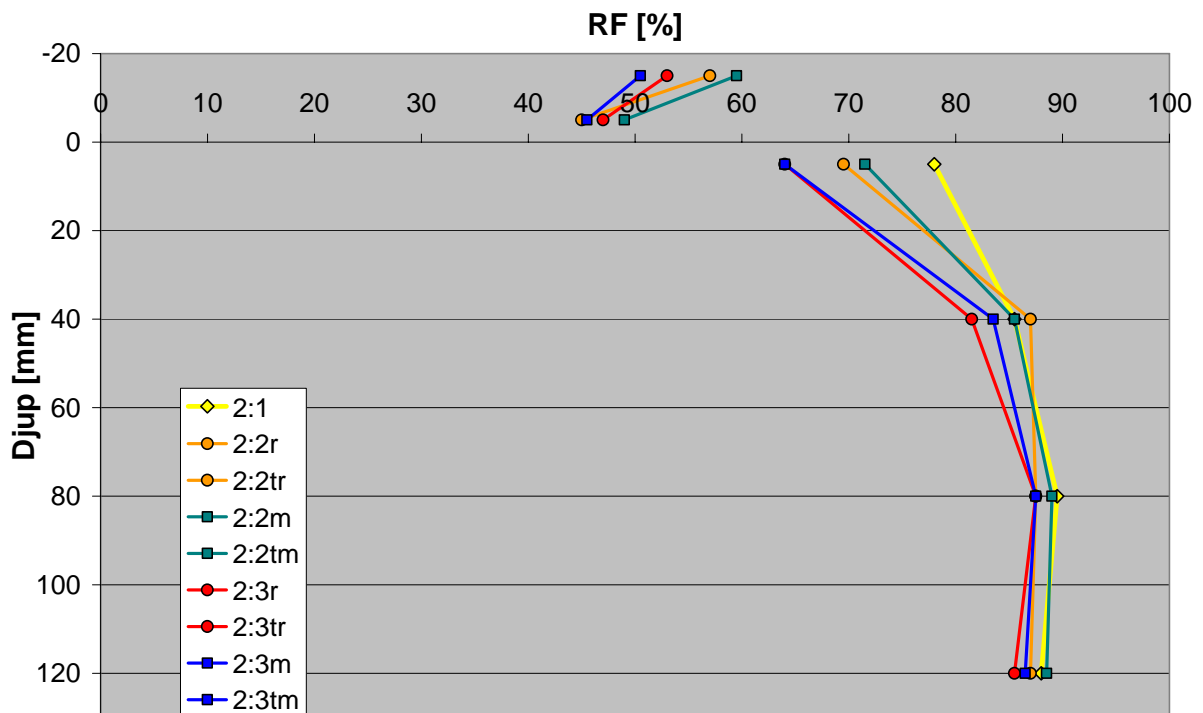
10. Referenser

- B Bergman (1992) *Industriell försöksplanering och robust konstruktion*. Studentlitteratur, Lund.
- M Demmrich (2006) *Forces generated by directly glued wooden floors*. Examensarbete TVBM-5065, Avd Byggnadsmaterial, LTH, Lund
- E Harderup (1999) Klimatdata för fuktberäkningar – Statistiskt bearbetad klimatdata för Sverige, Avd f Byggnadsfysik, LTH, Lund, www.fuktcentrum.lth.se
- E Mattson (2001) *Mätning och beräkning av uttorkningsförloppet för betongbjälklag med golvvärme*. Examensarbete E-01:2. Inst. för Byggnadsmaterial, CTH, Göteborg.
- H Sjelin (2007) *Stavsläpp på nya trägolv av lamellkonstruktion – vems fel är det? Golv till Tak #4*, 2007, sid 23-24
- A. Sjöberg (2003) *Direktlimmat trägolv på betongunderlag - Teoretiska beräkningar av fuktbelastning från undergolvet*. Rapport TVBM-3112, avd Byggnadsmaterial, LTH, Lund
- A Sjöberg & L-O Nilsson (2007) *Fuktmätning i betonggolv med golvvärme. Etapp II: Täta golvbeläggningar*. TVBM-3140, avd Byggnadsmaterial, LTH, Lund

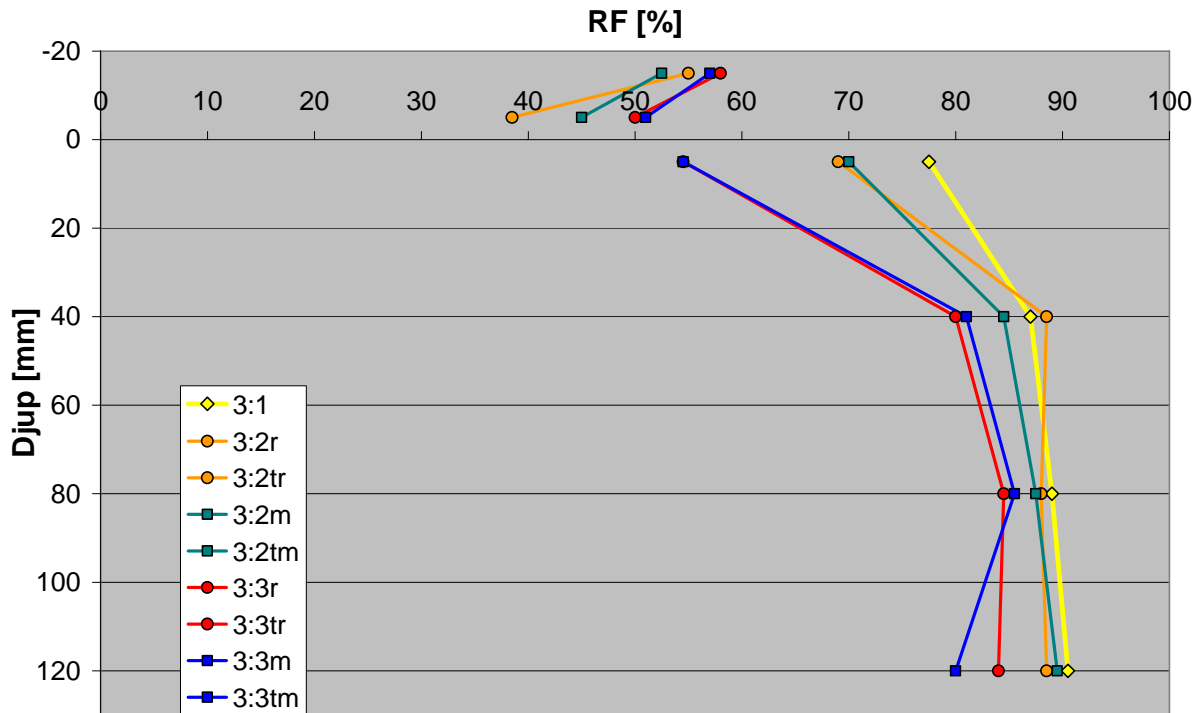
Plattor med vct 0,6 som konditionerats i 60 % RF



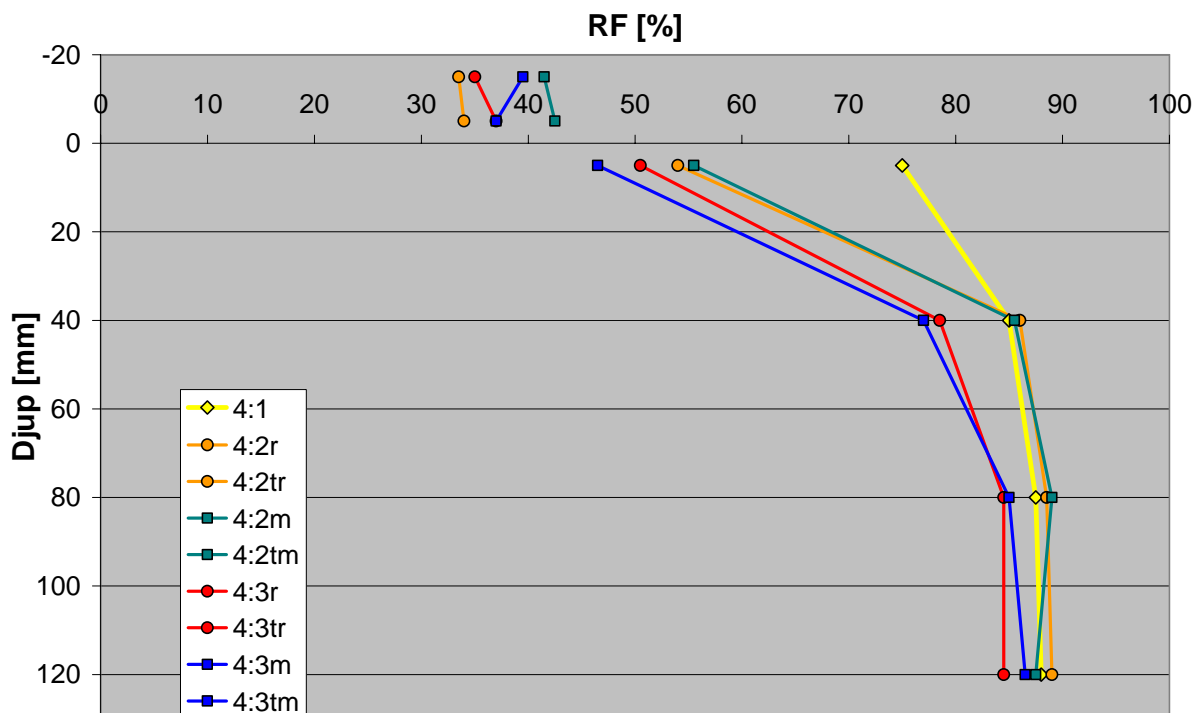
Figur A1. Platta 1 – 60 % RF – vct 0,6 – 2 mån torkning – trägolv I



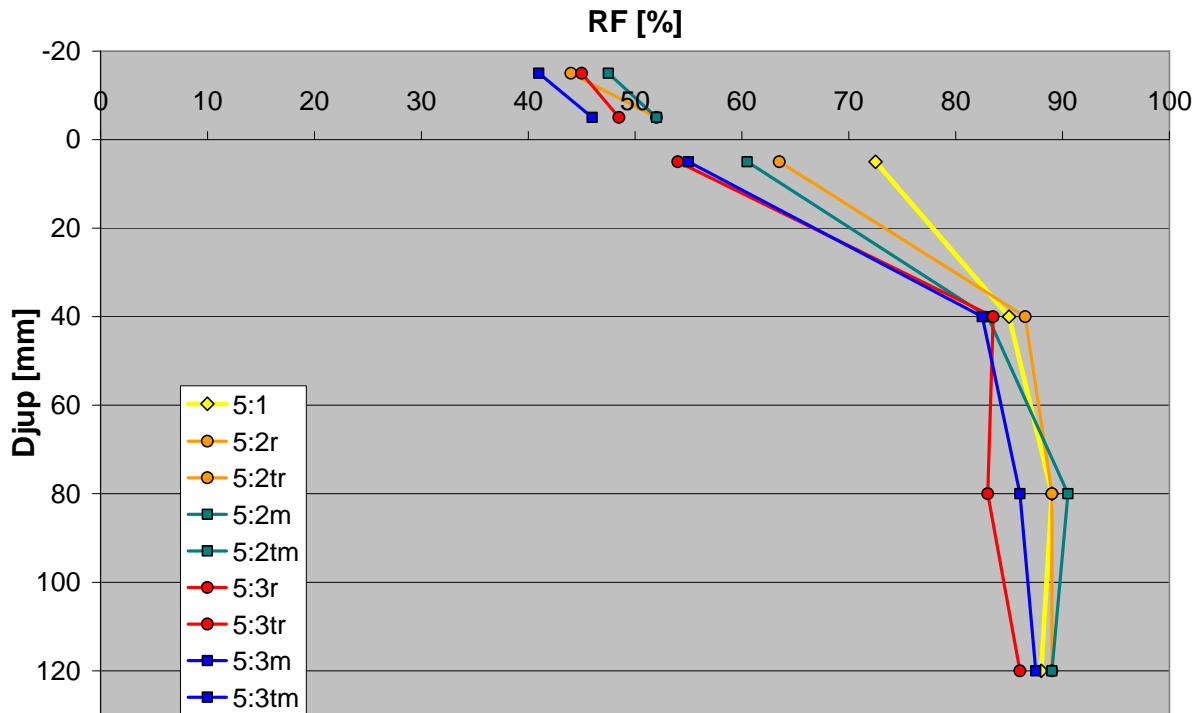
Figur A2. Platta 2 – 60 % RF – vct 0,6 – 2 månader torkning – golv II



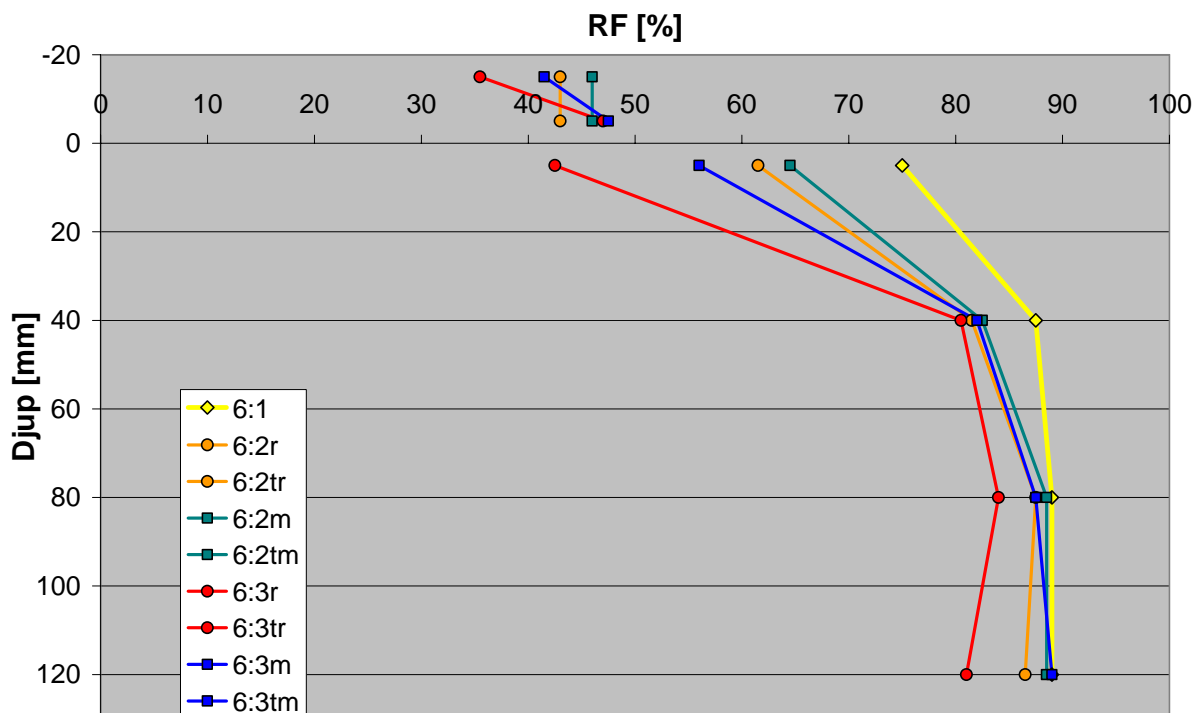
Figur A3. Platta 3 – 60 % RF – vct 0,6 – 2 månader torkning – golv III



Figur A4. Platta 4 – 60 % RF – vct 0,6 – 3 månader torkning – golv I

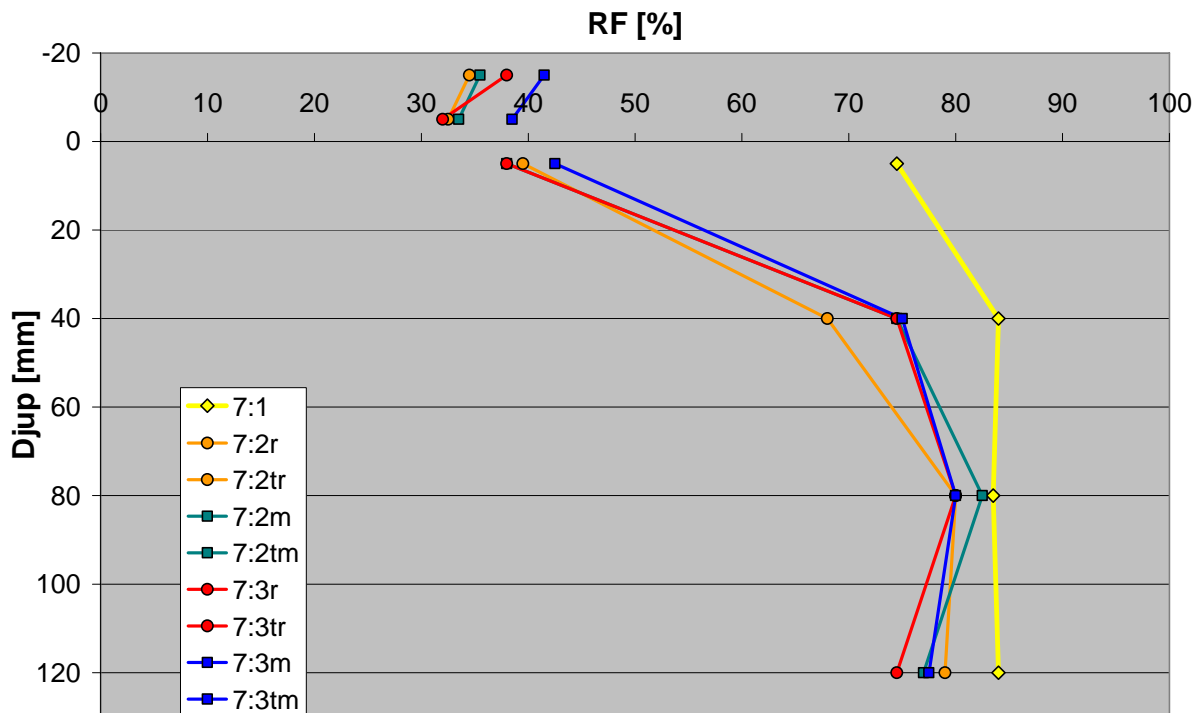


Figur A5. Platta 5 – 60 % RF – vct 0,6 – 3 månader torkning – golv II

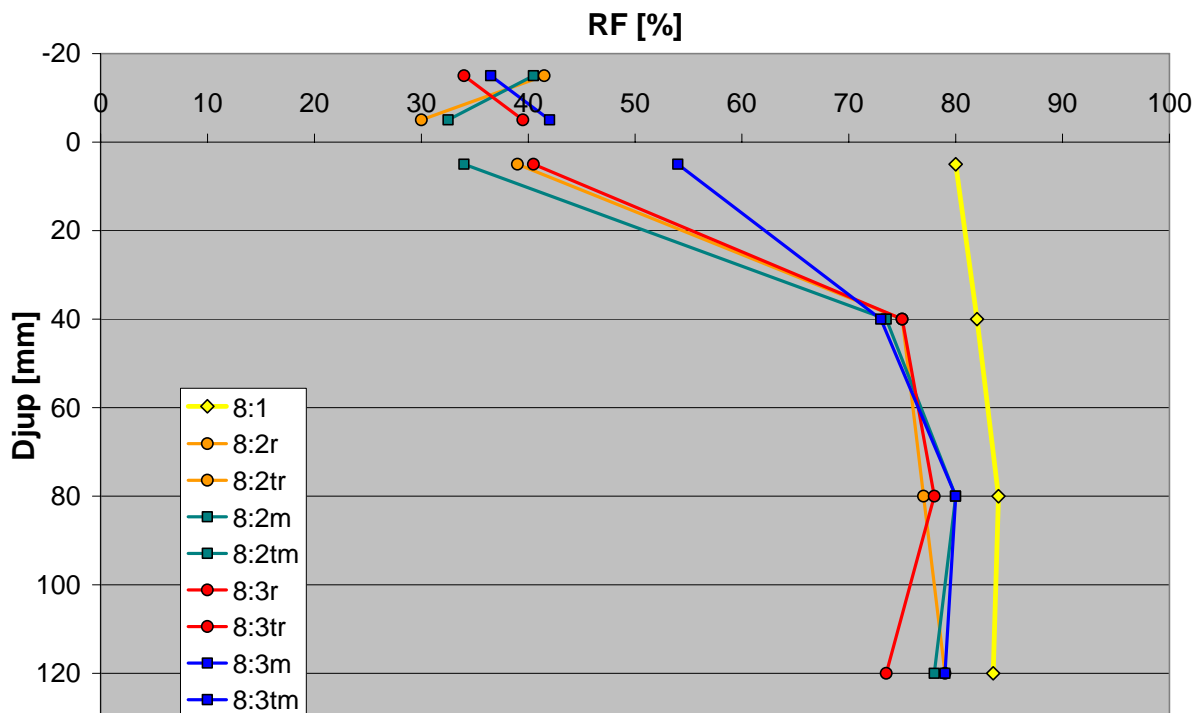


Figur A6. Platta 6 – 60 % RF – vct 0,6 – 3 månader torkning – golv III

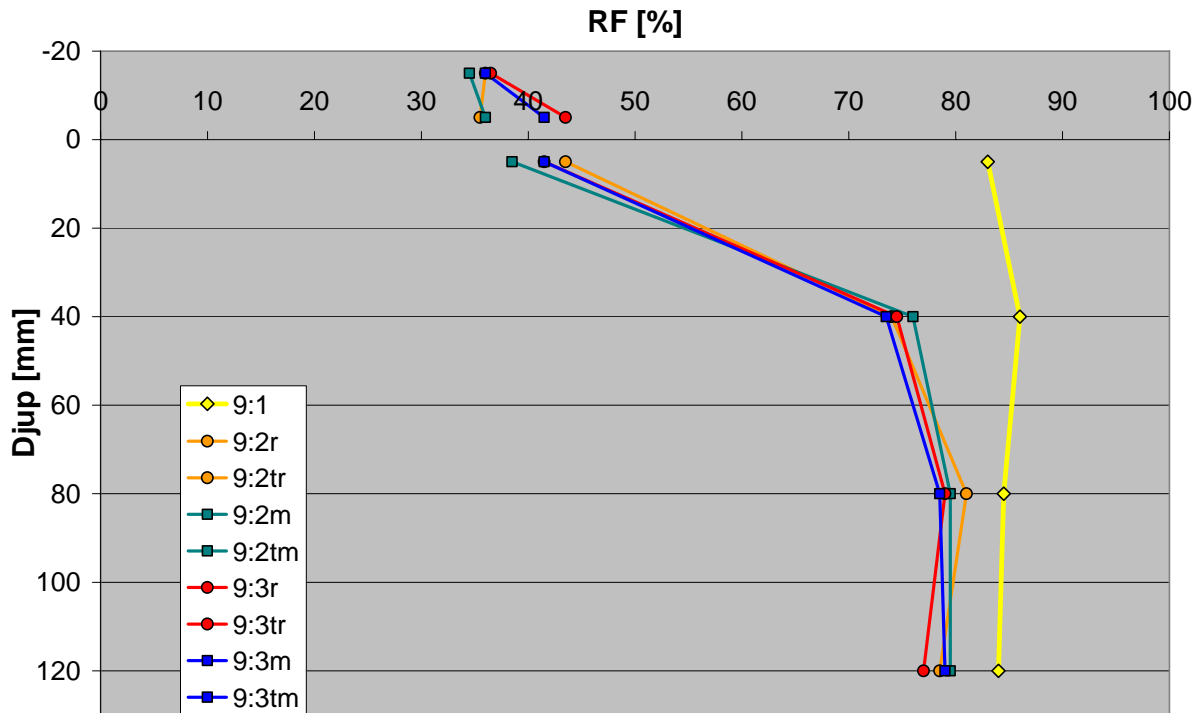
Plattor med vct 0,4 som konditionerats i 60 % RF



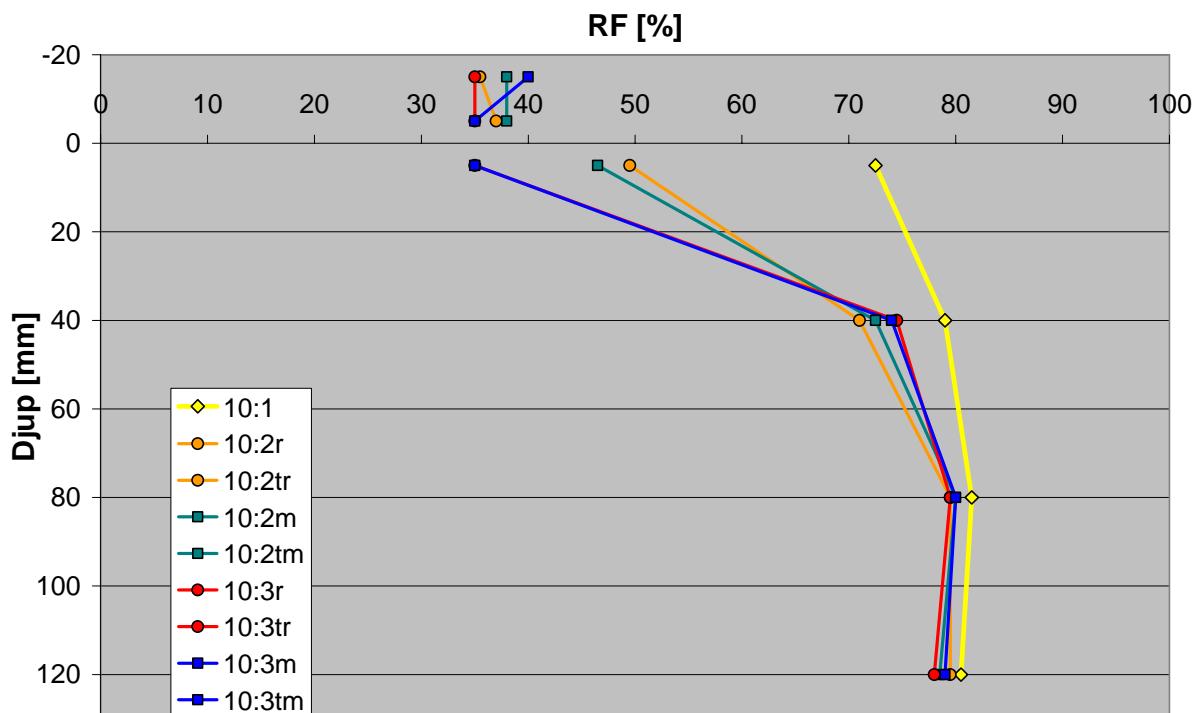
Figur A7. Platta 7 – 60 % RF – vct 0,4 – 1 månads torkning – golv I



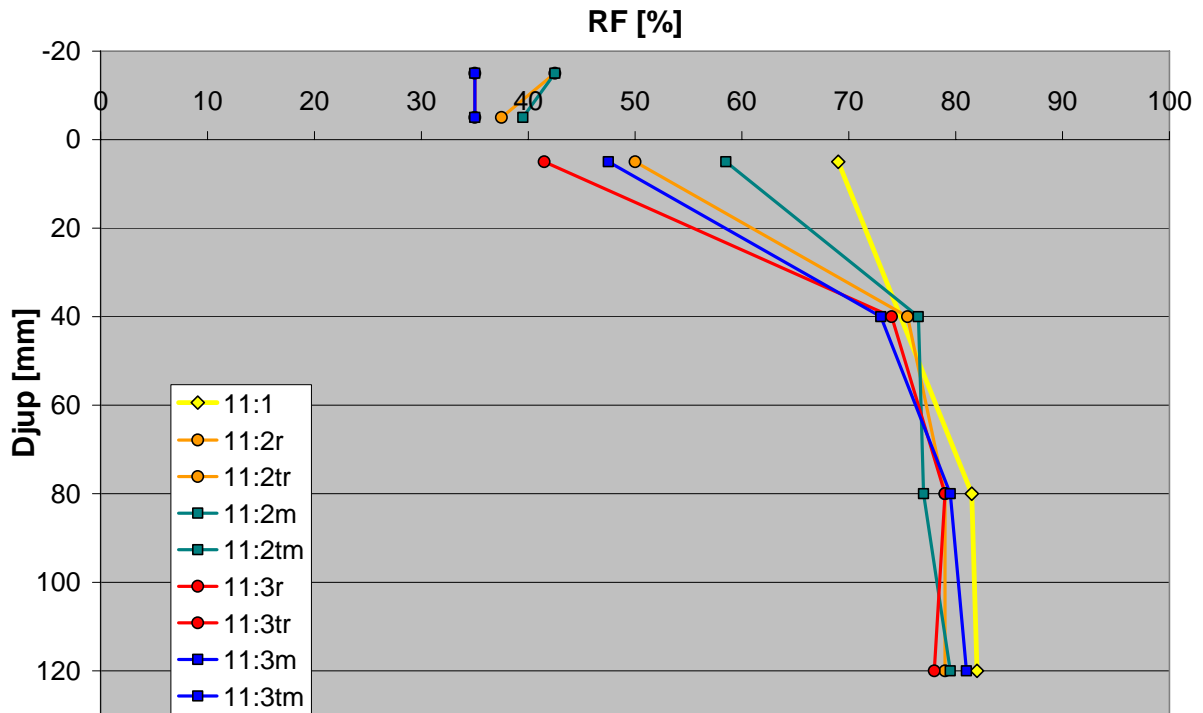
Figur A8. Platta 8 – 60 % RF – vct 0,4 – 1 månads torkning – golv II



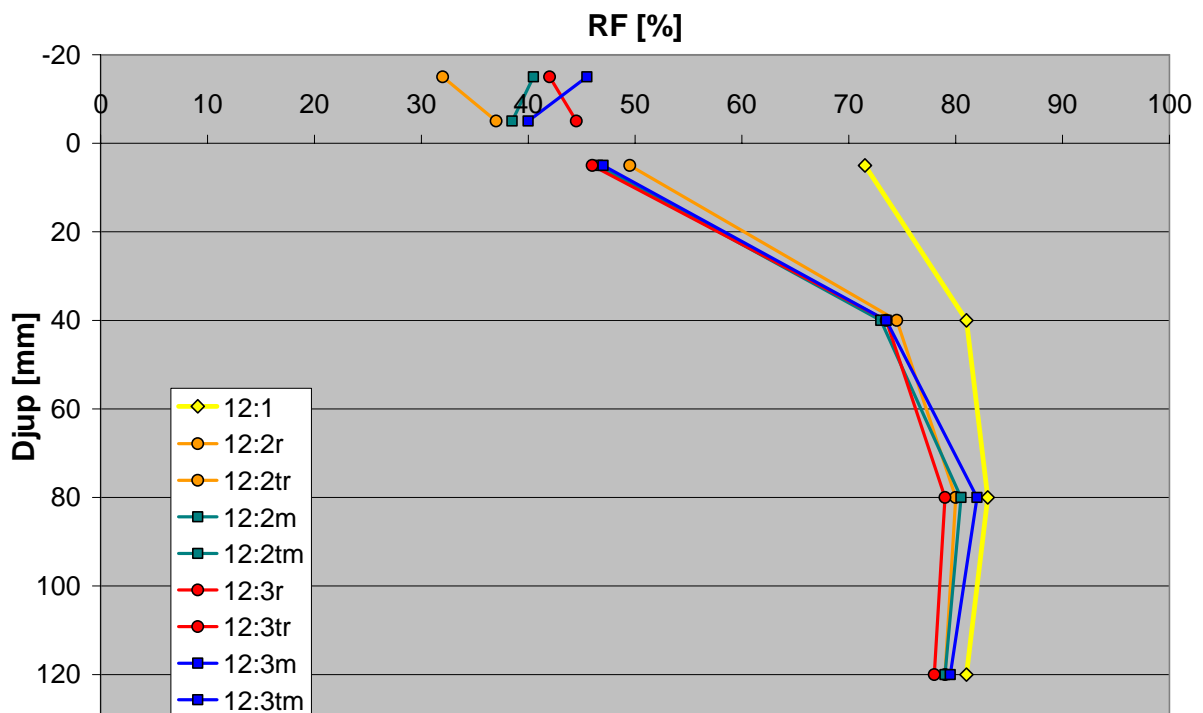
Figur A9. Platta 9 – 60 % RF – vct 0,4 – 1 månads torkning – golv III



Figur A10. Platta 10 – 60 % RF – vct 0,4 – 1 månaders torkning – golv I

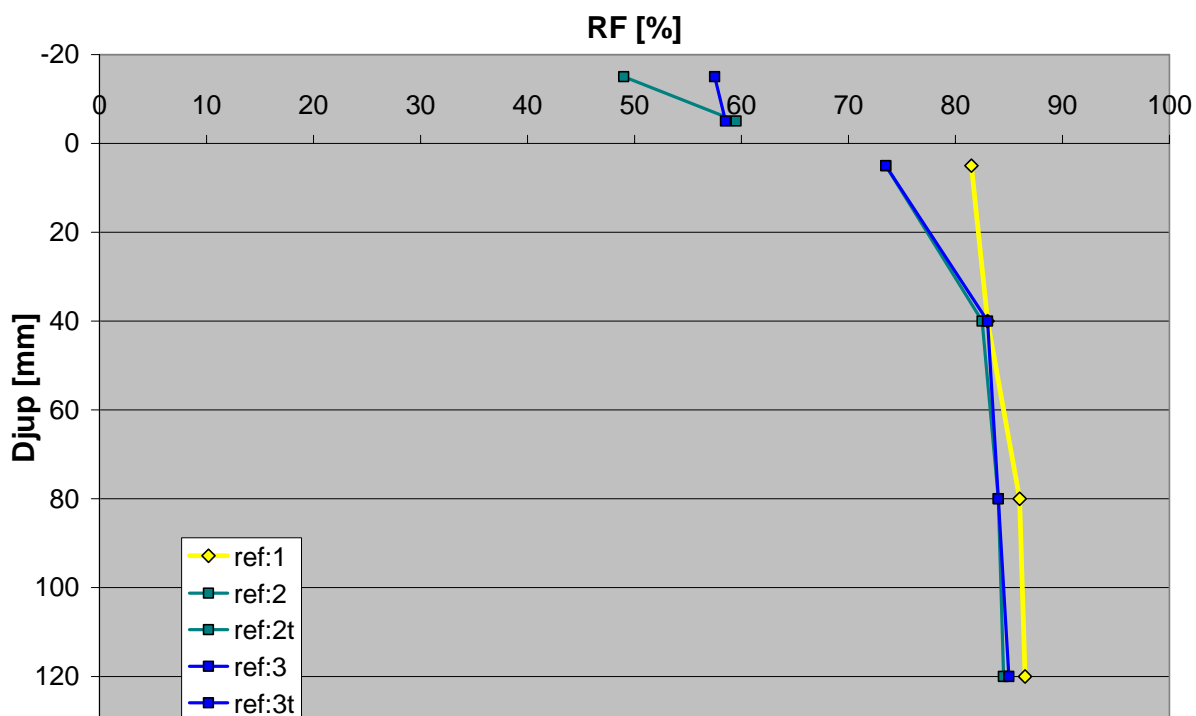


Figur A11. Platta 11 – 60 % RF – vct 0,4 – 1 månaders torkning – golv II



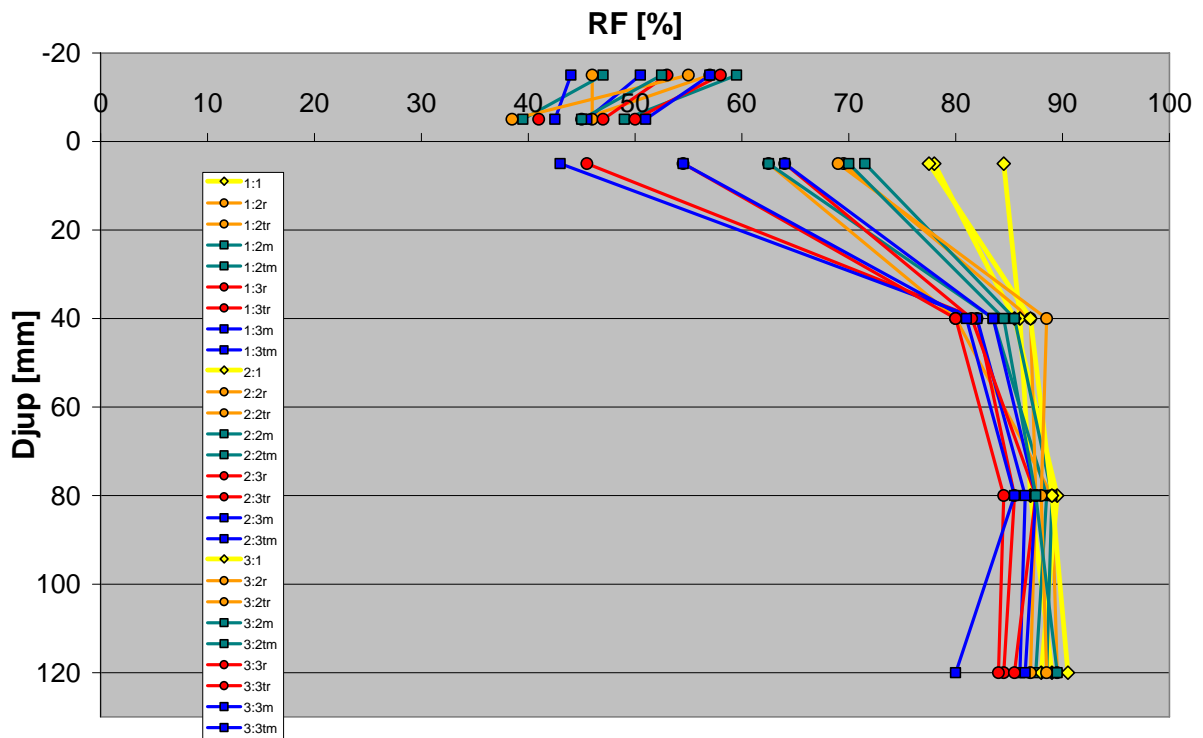
Figur A12. Platta 12 – 60 % RF – vct 0,4 – 1 månaders torkning – golv III

Referens med vct 0,6

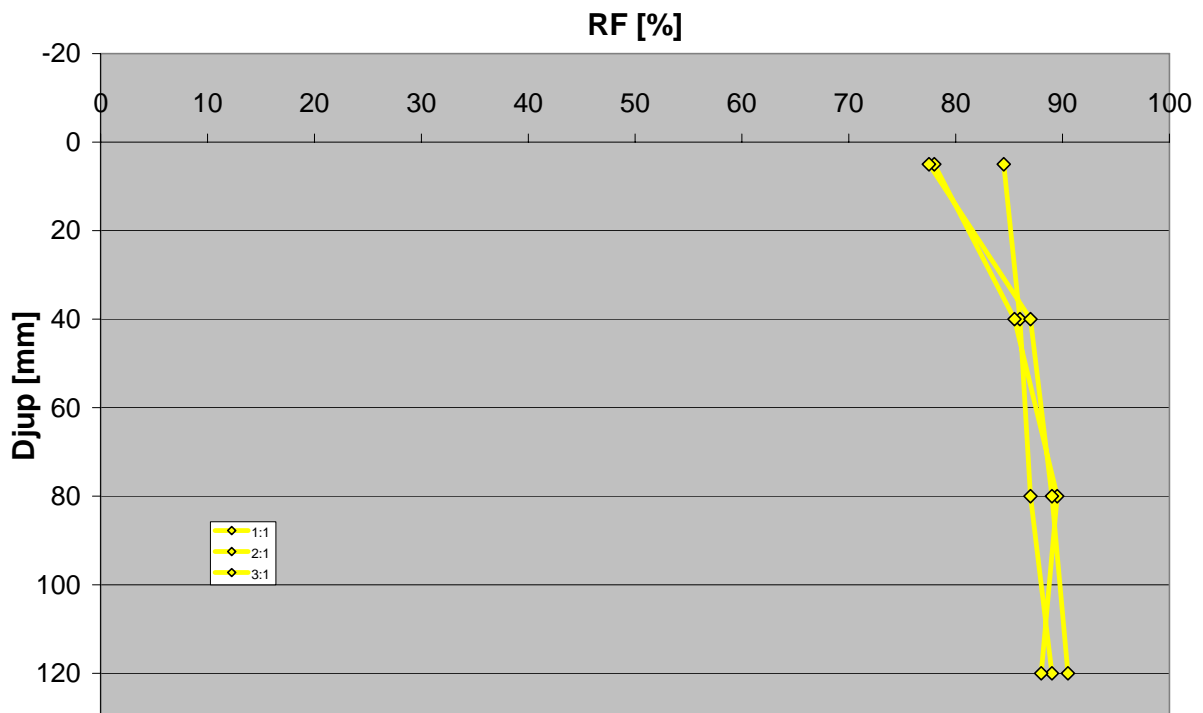


Figur A13. Referensplatta – 60 % RF – vct 0,6 – 2 månaders torkning – golv ?

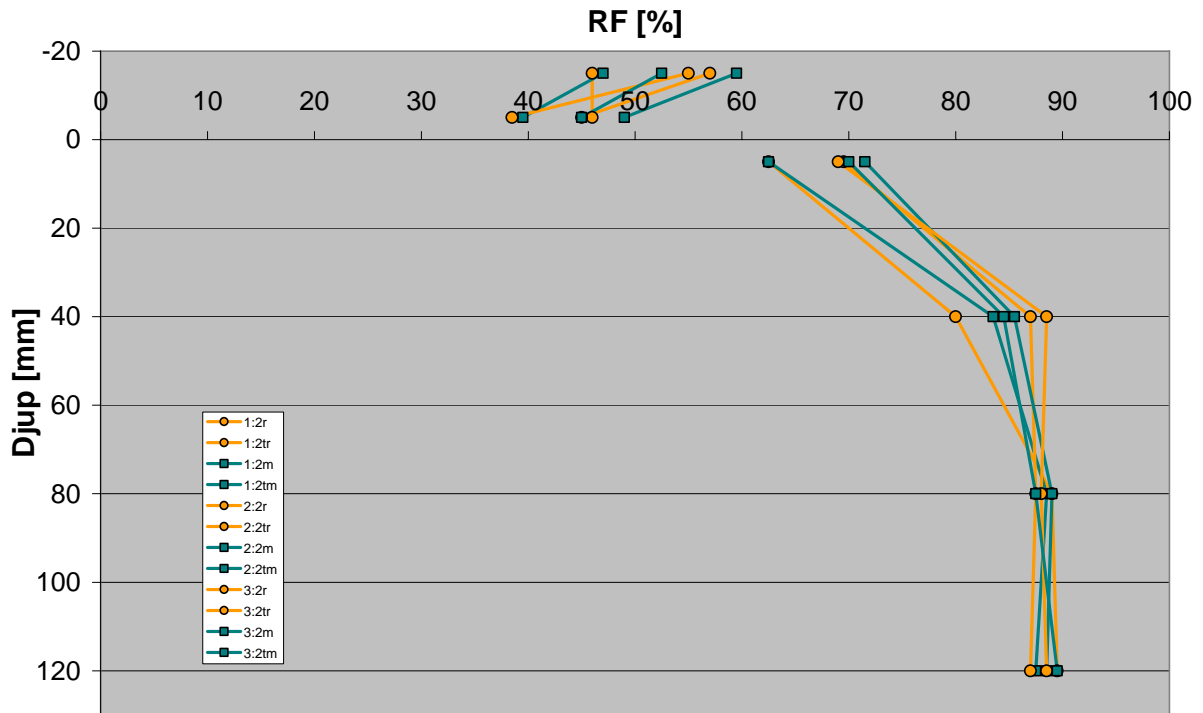
Plattor med vct 0,6 som konditionerats lika – olika trögolv



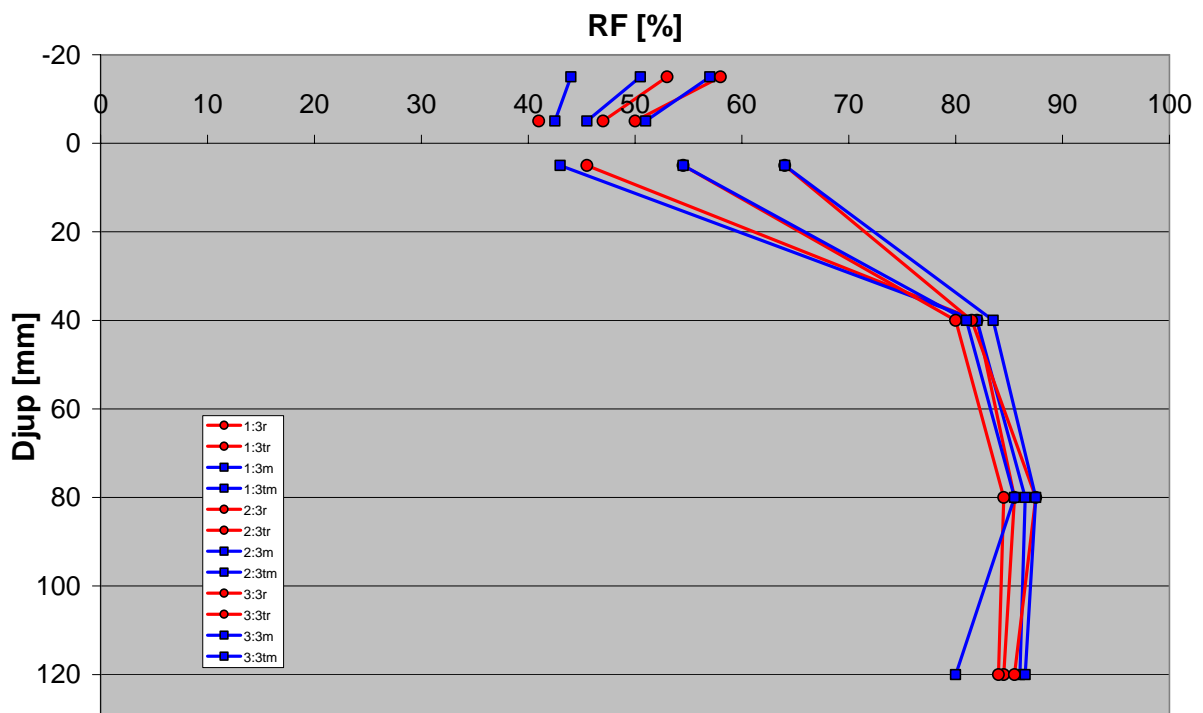
Figur A14. 60 % RF – Alla vct 0,6 – 2 månaders torkning



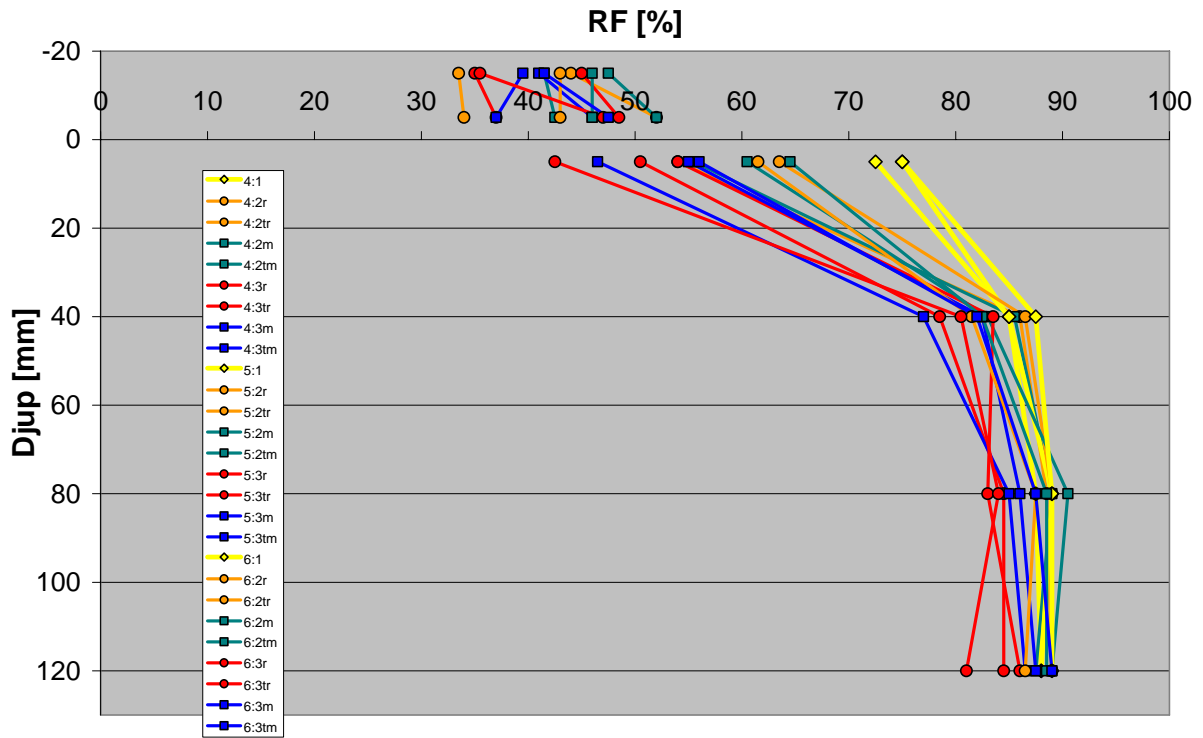
Figur A15. 60 % RF – Alla vct 0,6 – Vid beläggning



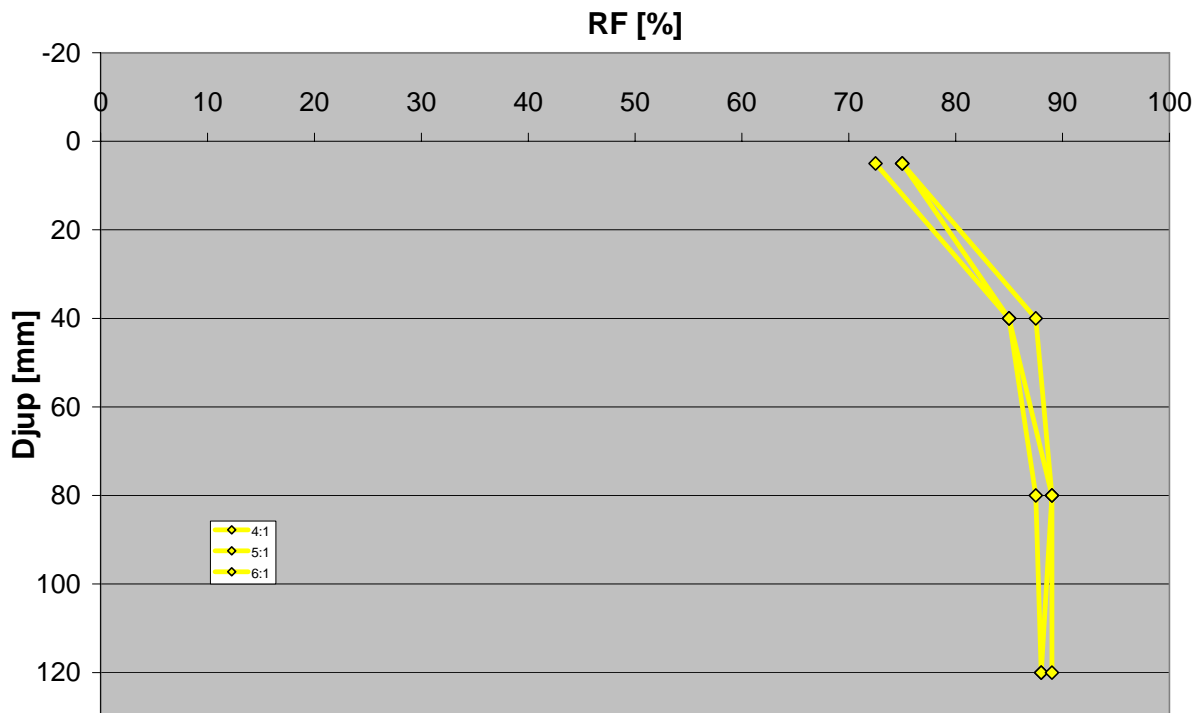
Figur A16. 60 % RF – Alla vct 0,6 – 2 månaders torkning – 1 månads omlagring



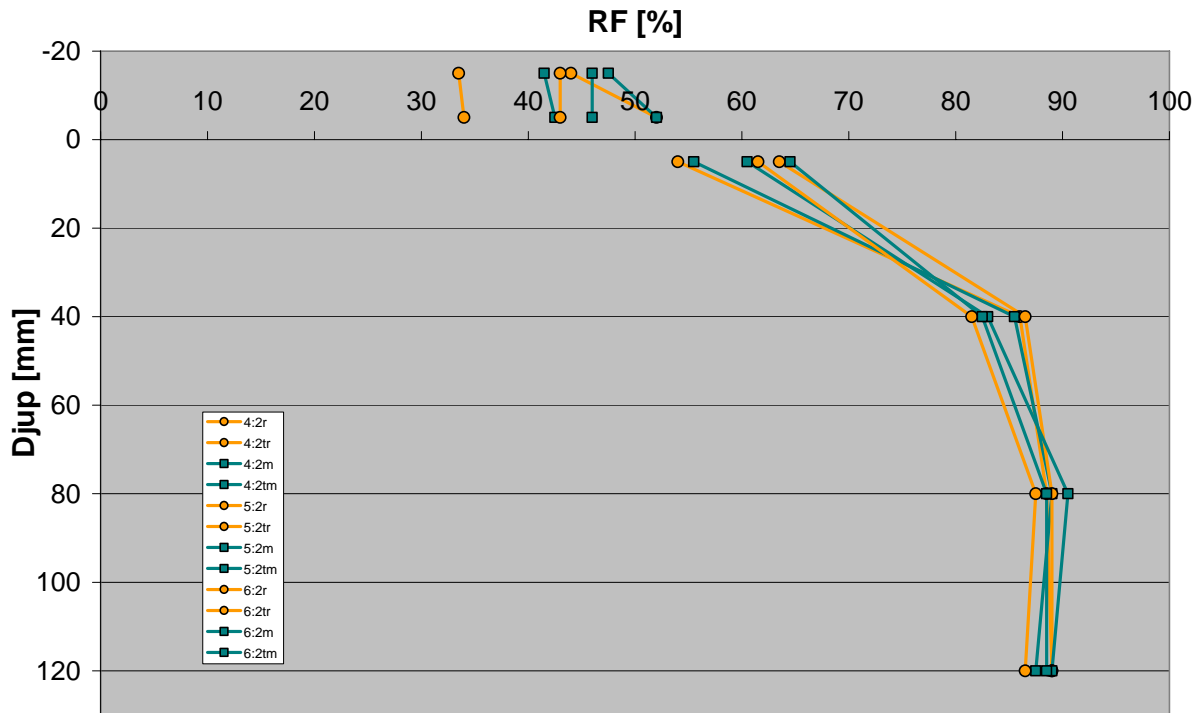
Figur A17. 60 % RF – Alla vct 0,6 – 2 månaders torkning – 2 månaders omlagring



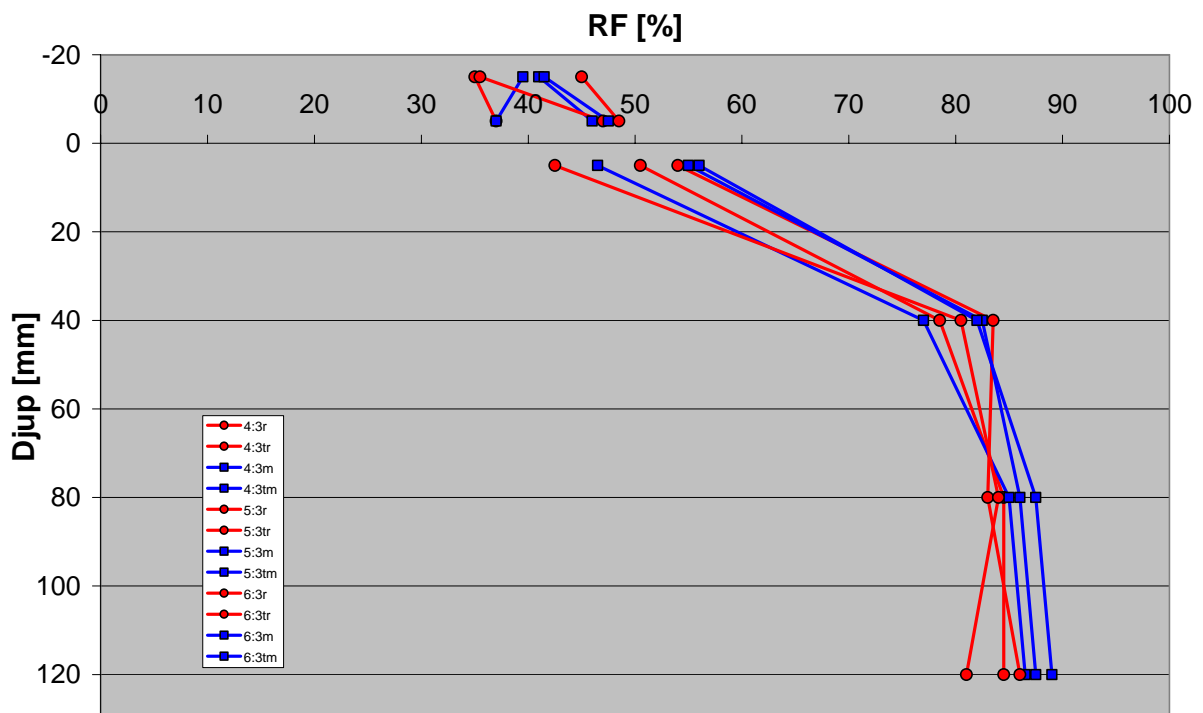
Figur A18. 60 % RF – Alla vct 0,6 – 3 månaders torkning



Figur A19. 60 % RF – Alla vct 0,6 – 3 månader torkning – Vid beläggning

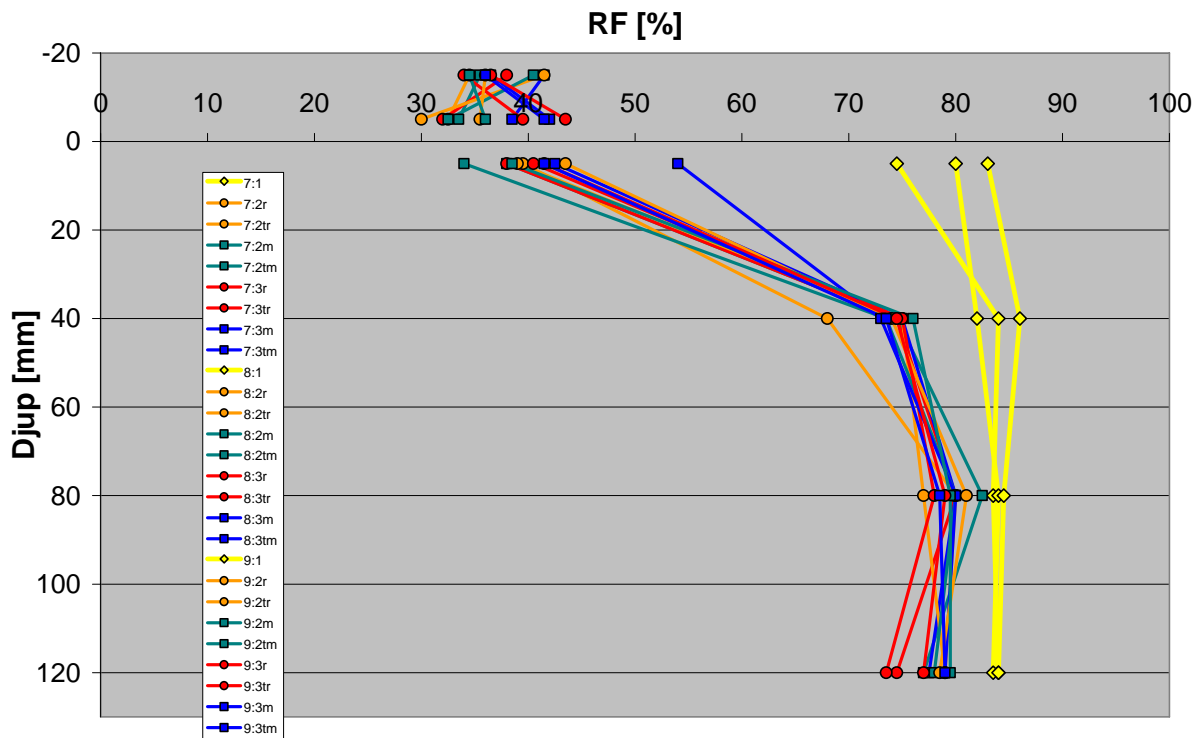


Figur A20. 60 % RF – Alla vct 0,6 – 3 månader torkning – 1 månads omlagring

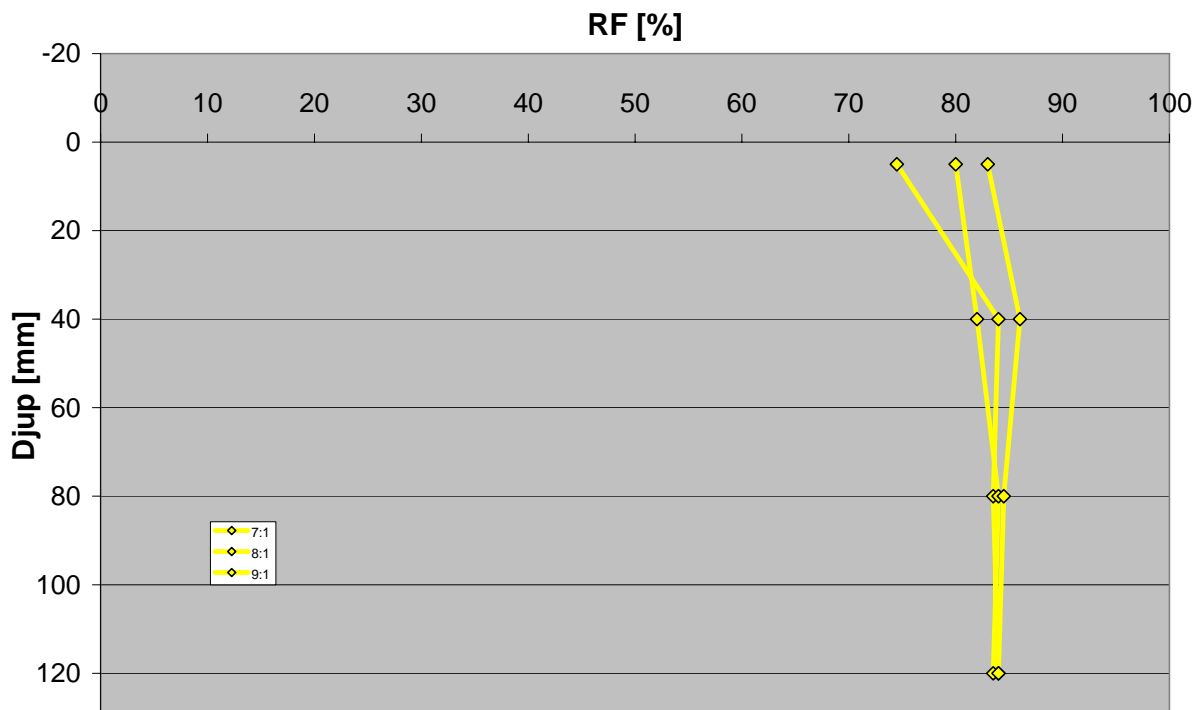


Figur A21. 60 % RF – Alla vct 0,6 – 3 månader torkning – 2 månaders omlagring

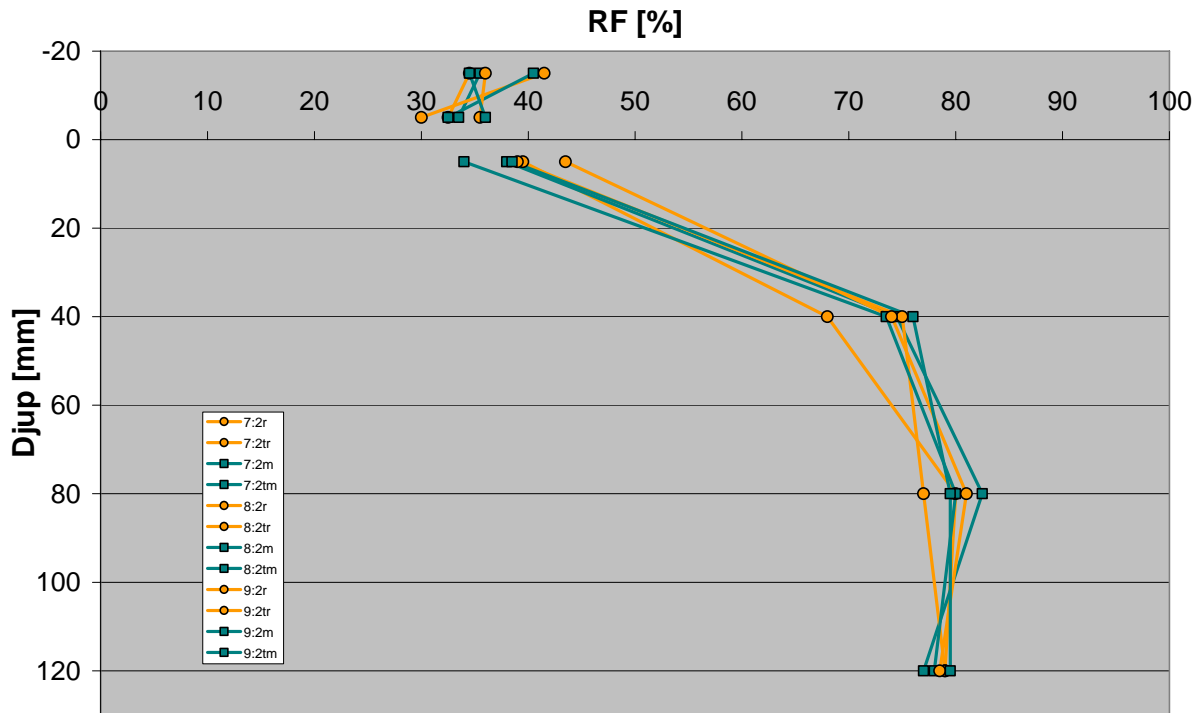
Plattor med vct 0,4 som konditionerats lika – olika trägolv



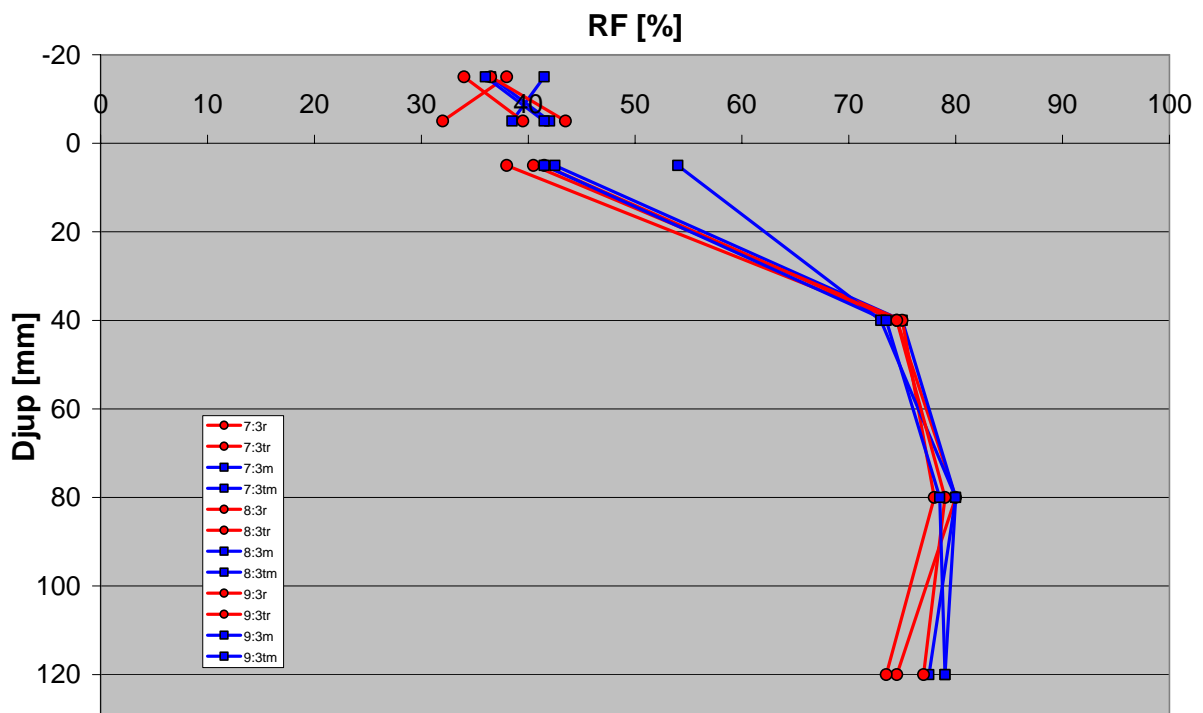
Figur A22. 60 % RF – Alla vct 0,4 – 1 månads torkning



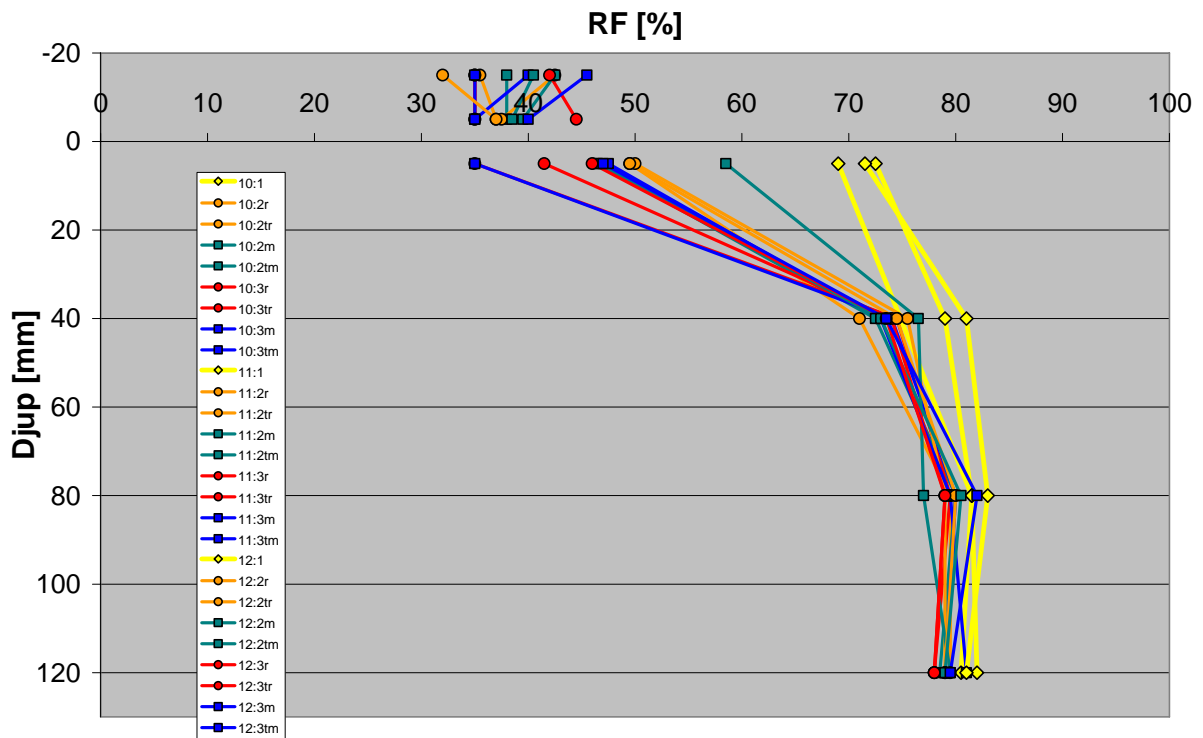
Figur A23. 60 % RF – Alla vct 0,4 – 1 månads torkning – Vid beläggning



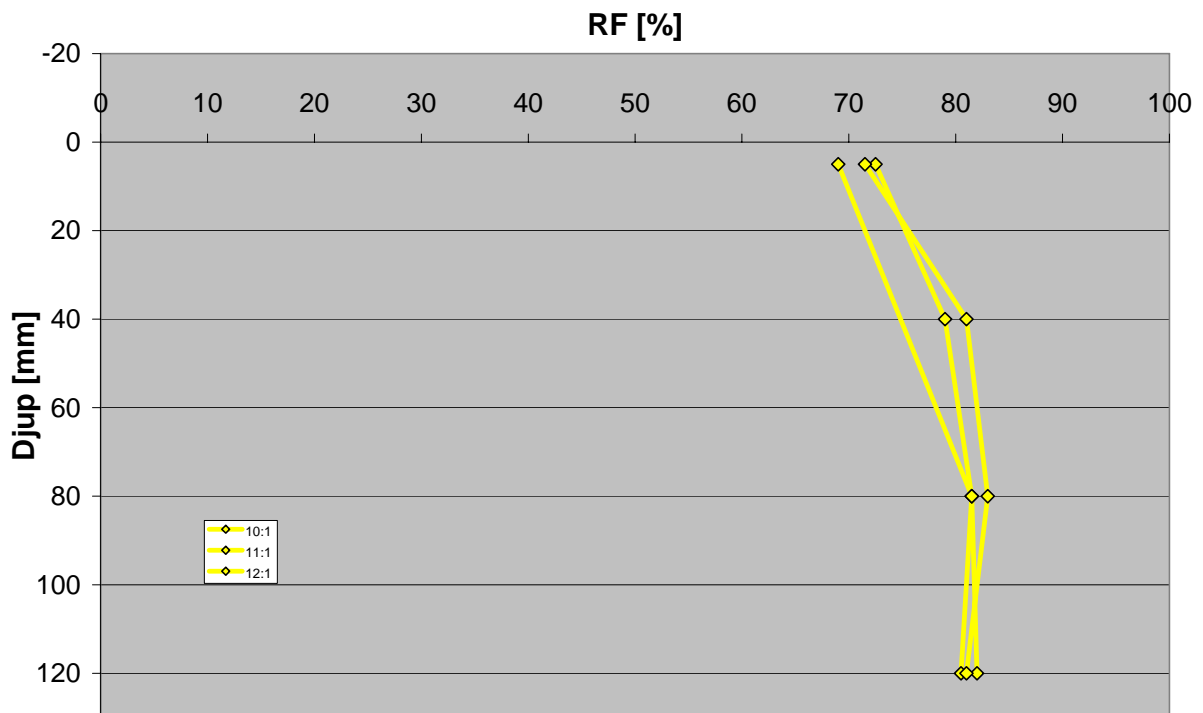
Figur A24. 60 % RF – Alla vct 0,4 – 1 månads torkning – 1 månads omlagring



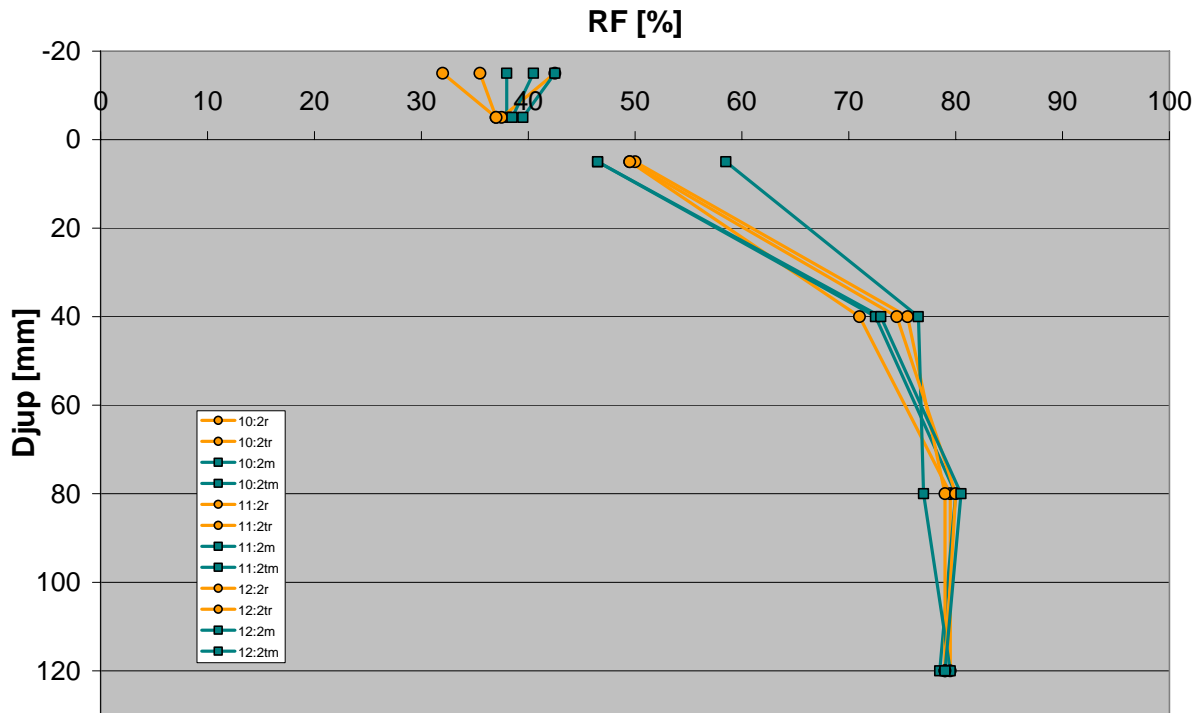
Figur A25. 60 % RF – Alla vct 0,4 – 1 månads torkning – 2 månaders omlagring



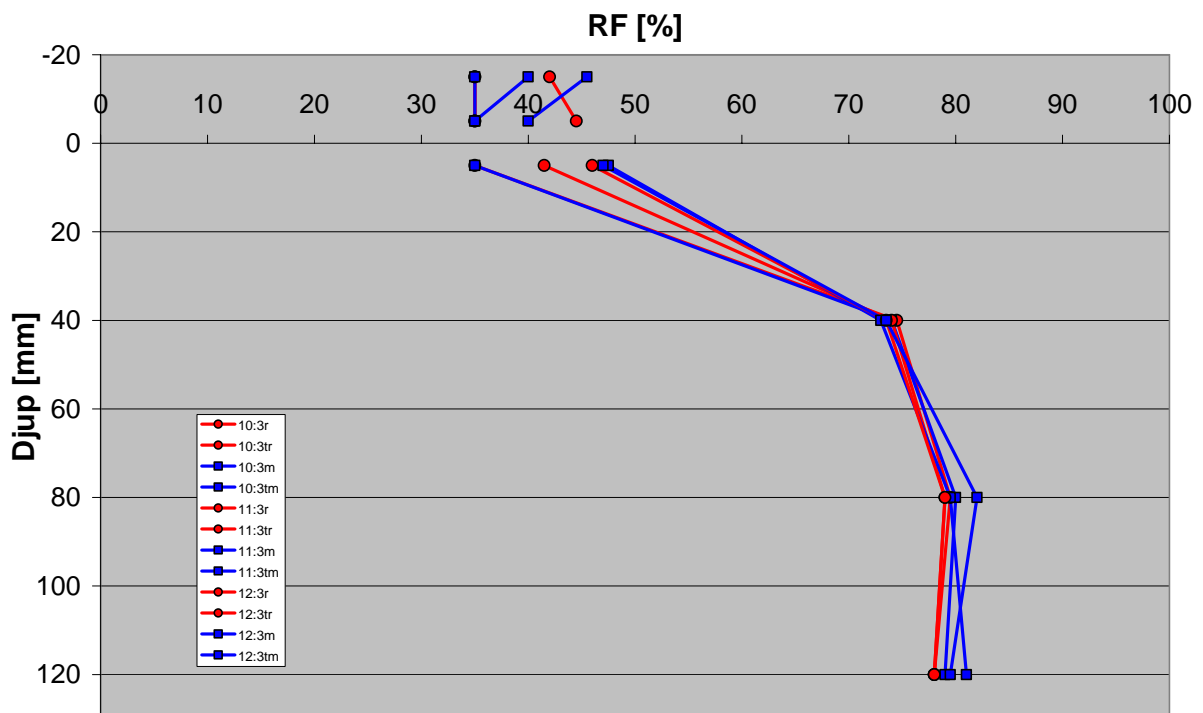
Figur A26. 60 % RF – Alla vct 0,4 – 2 månaders torkning



Figur A27. 60 % RF – Alla vct 0,4 – 2 månaders torkning – Vid beläggning

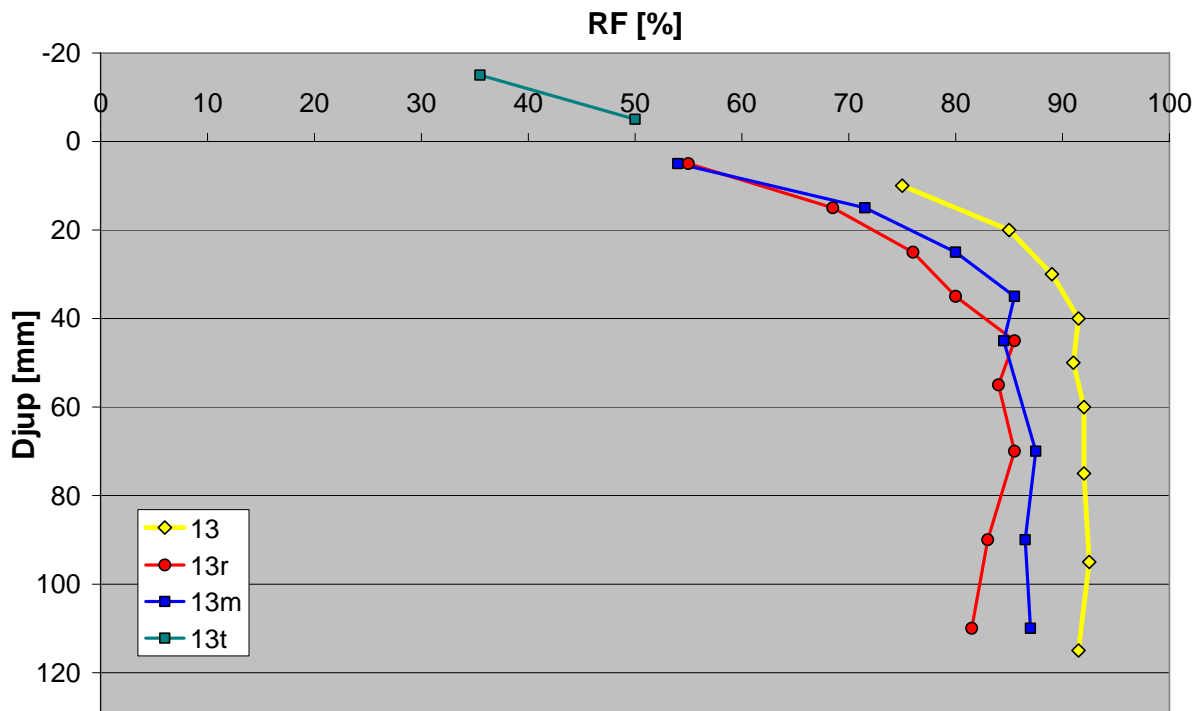


Figur A28. 60 % RF – Alla vct 0,4 – 2 månaders torkning – 1 månads omlagring

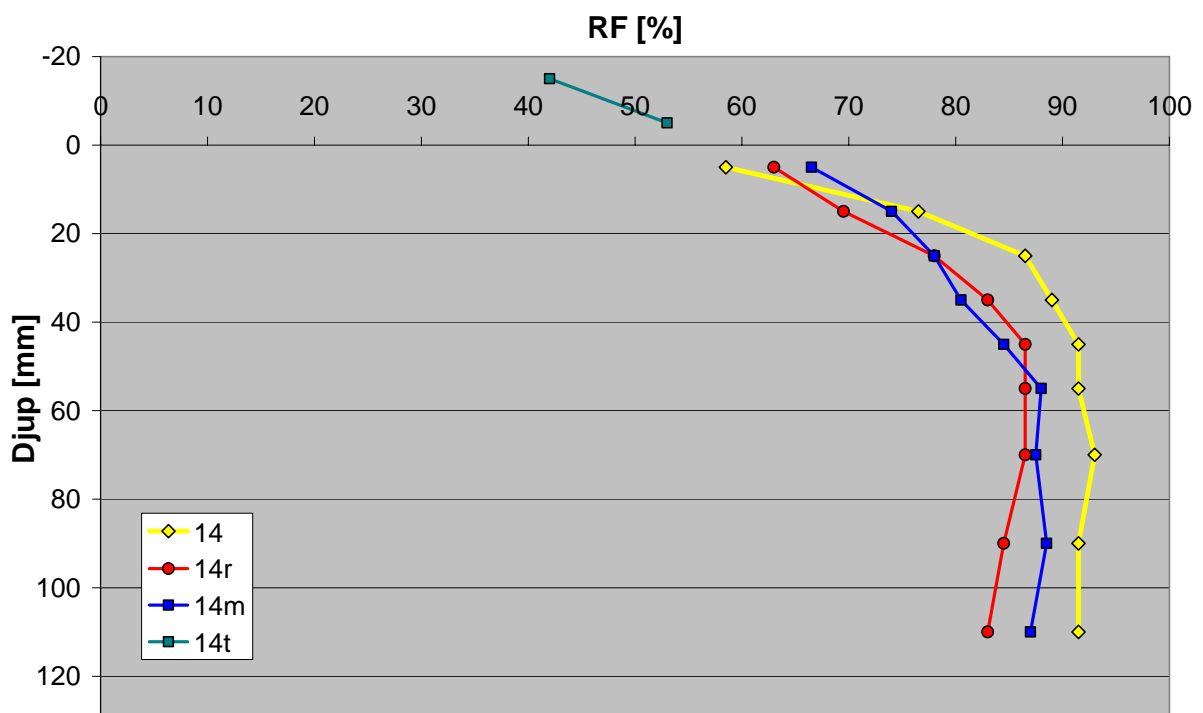


Figur A29. 60 % RF – Alla vct 0,4 – 2 månaders torkning – 2 månaders omlagring

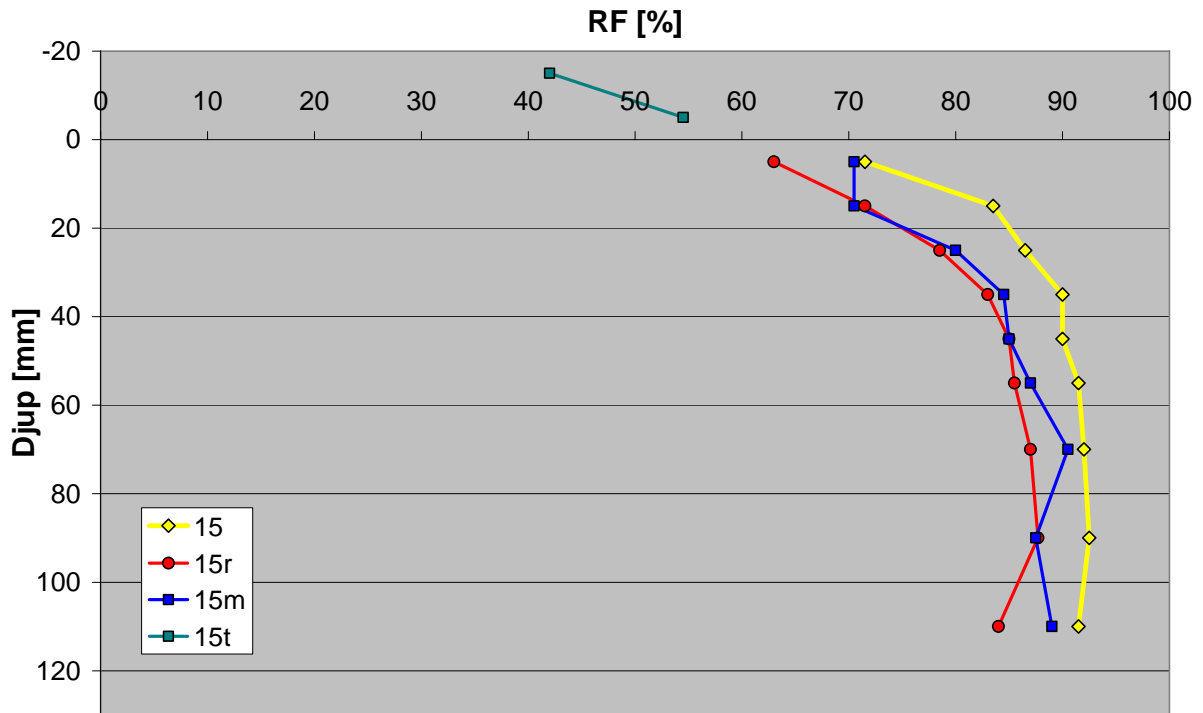
Plattor med vct 0,6 som konditionerats i 30 % RF



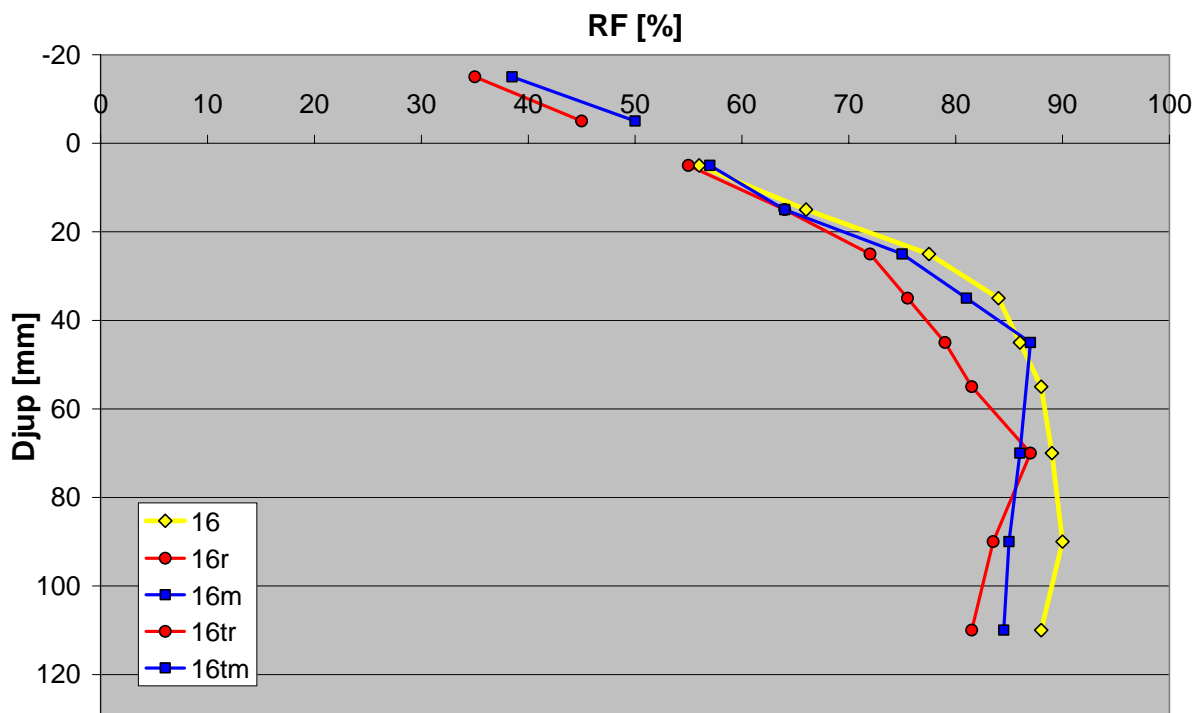
Figur B1. Platta 13 – 30 % RF – vct 0,6 – 6+1 veckors torkning – trägolv I



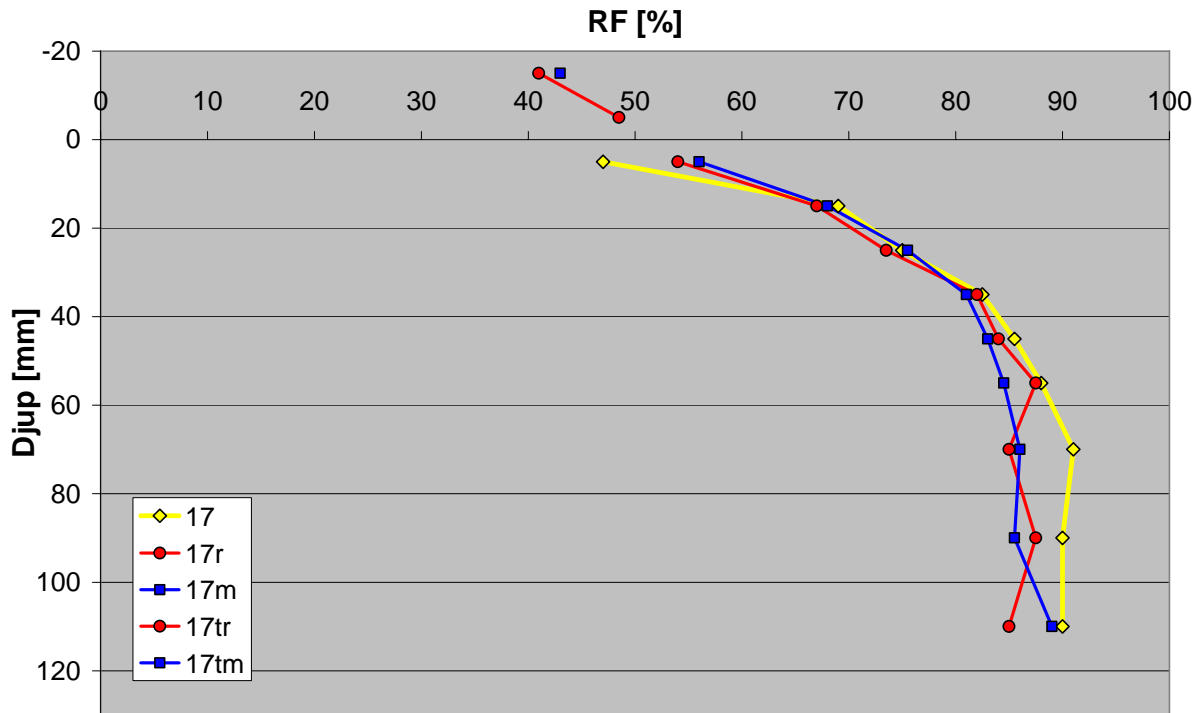
Figur B2. Platta 14 – 30 % RF – vct 0,6 – 6+1 veckors torkning – trägolv II



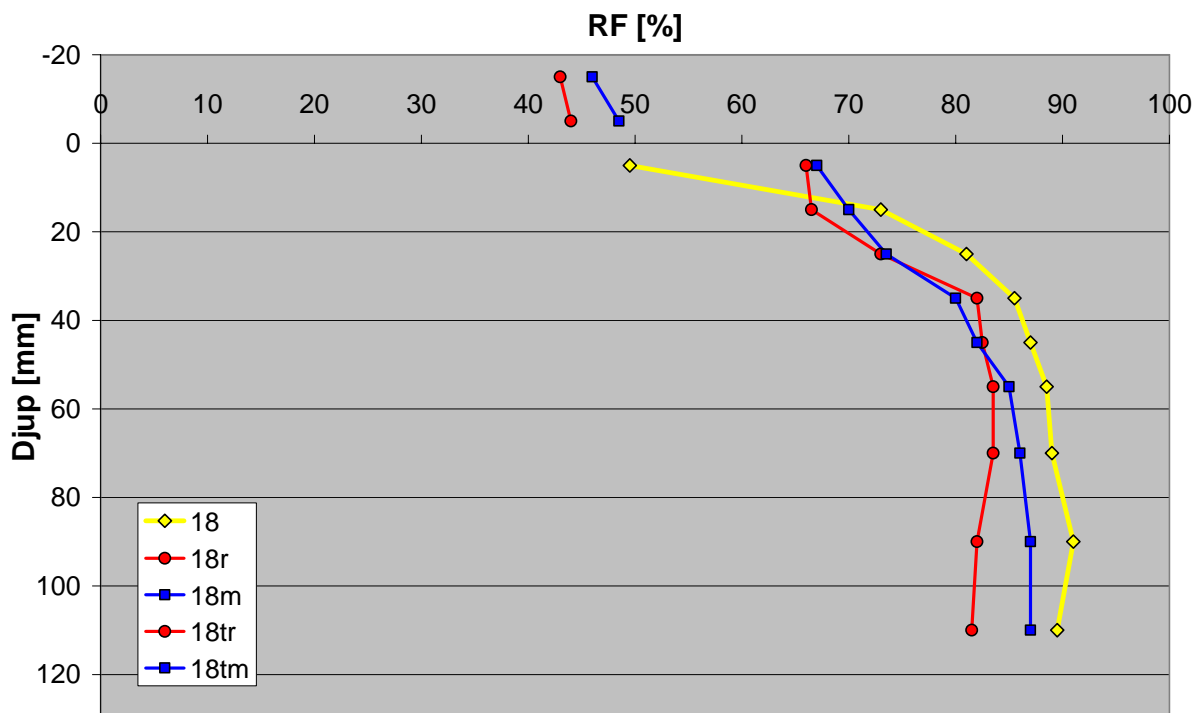
Figur B3. Platta 15 – 30 % RF – vct 0,6 – 6+1 veckors torkning – trägolvv III



Figur B4. Platta 16 – 30 % RF – vct 0,6 – 10+2 veckors torkning – trägolvv I

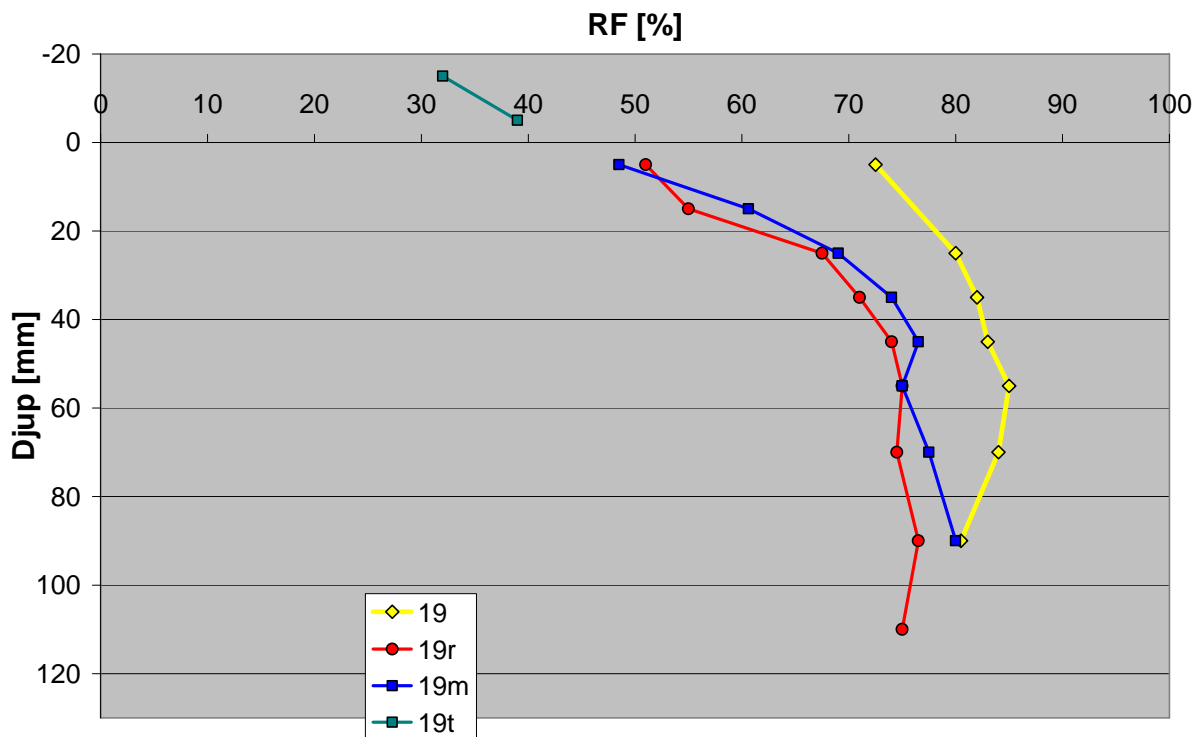


Figur B5. Platta 17 – 30 % RF – vct 0,6 – 10+2 veckors torkning – trägolv II

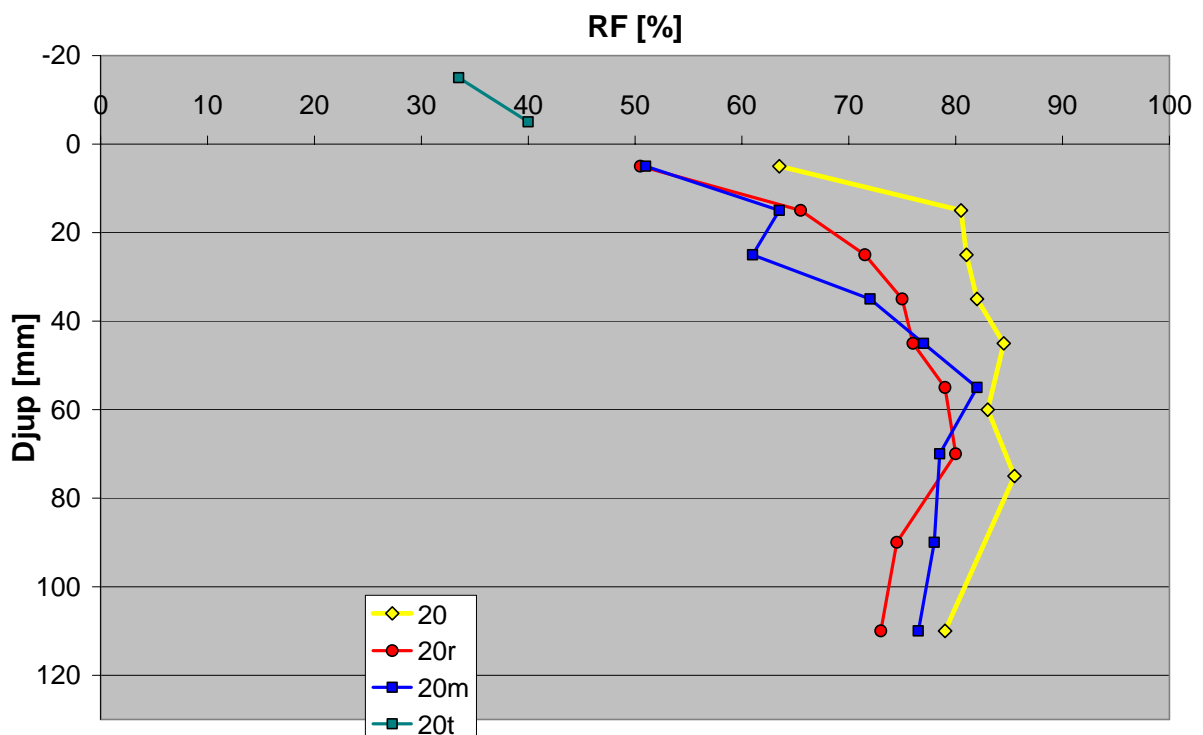


Figur B6. Platta 18 – 30 % RF – vct 0,6 – 10+2 veckors torkning – trägolv III

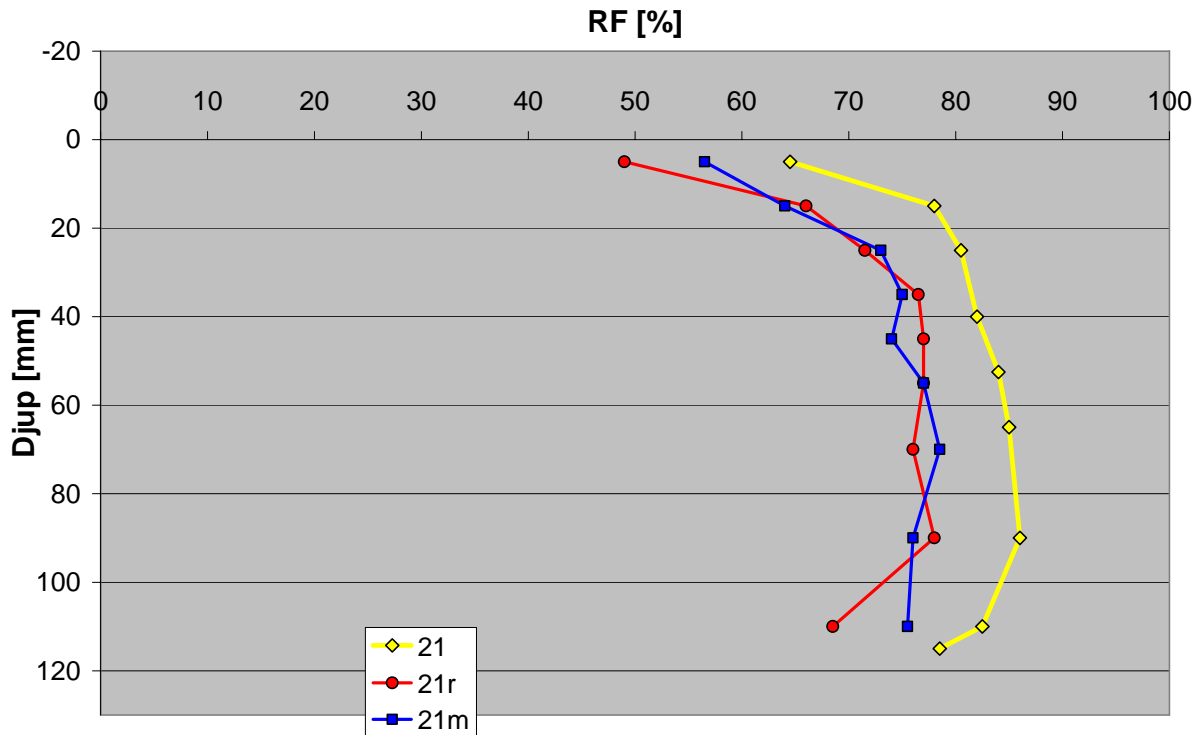
Plattor med vct 0,4 som konditionerats i 30 % RF



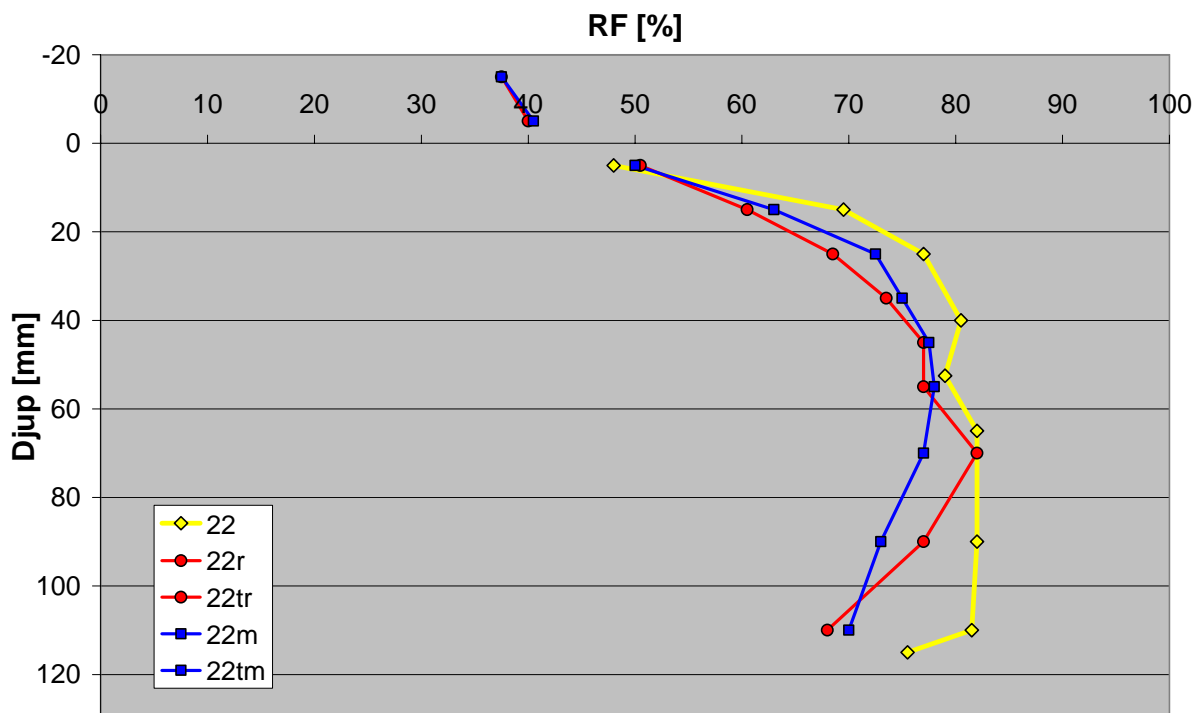
Figur B7. Platta 19 – 30 % RF – vct 0,4 – 6+1 veckors torkning – trägolv I



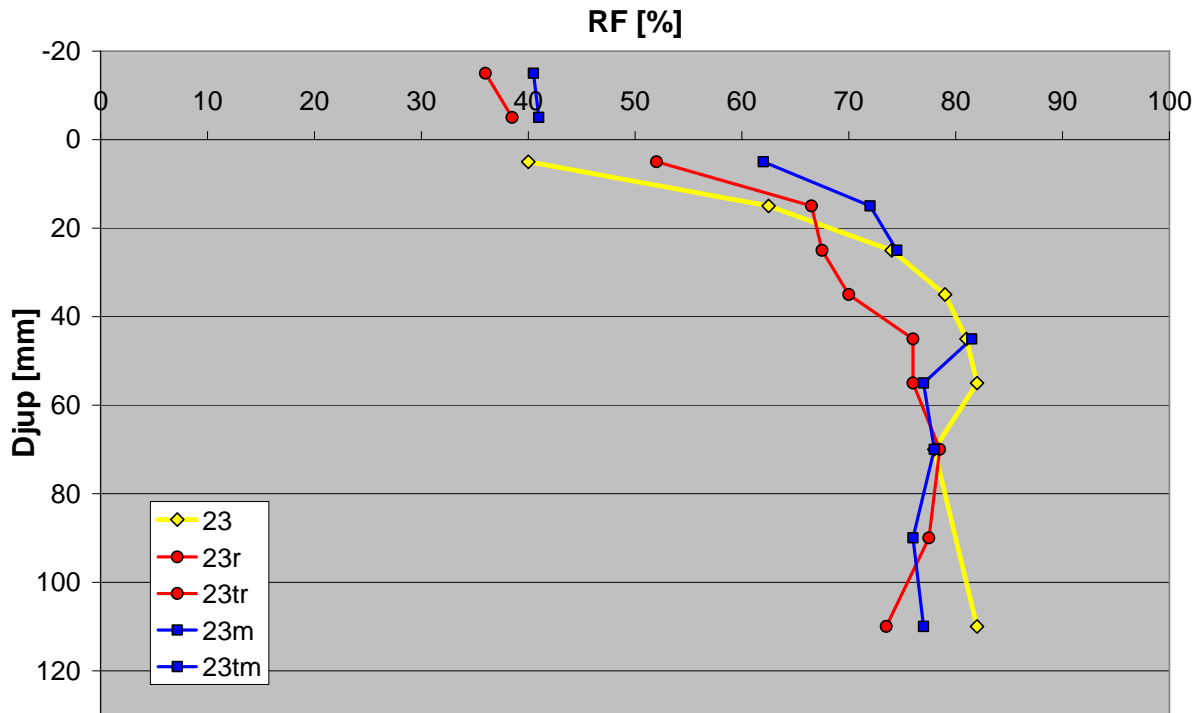
Figur B8. Platta 20 – 30 % RF – vct 0,4 – 6+1 veckors torkning – trägolv II



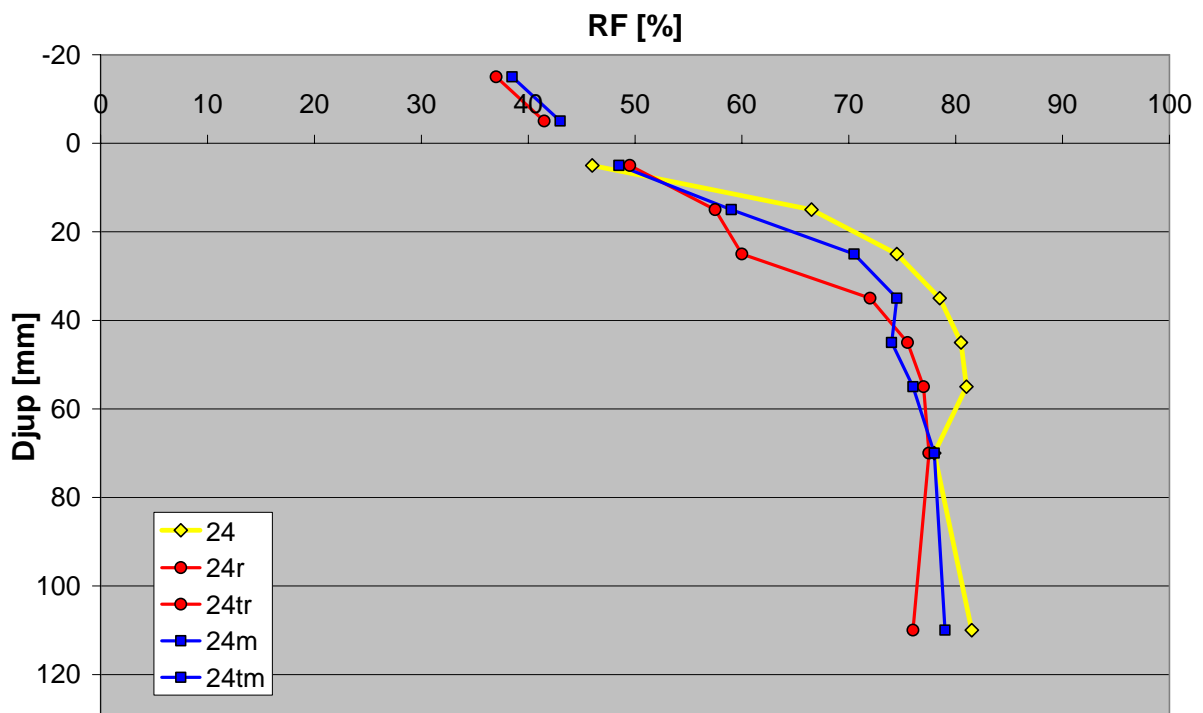
Figur B9. Platta 21 – 30 % RF – vct 0,4 – 6+1 veckors torkning – trägolvv III



Figur B10. Platta 22 – 30 % RF – vct 0,4 – 10+2 veckors torkning – trägolvv I

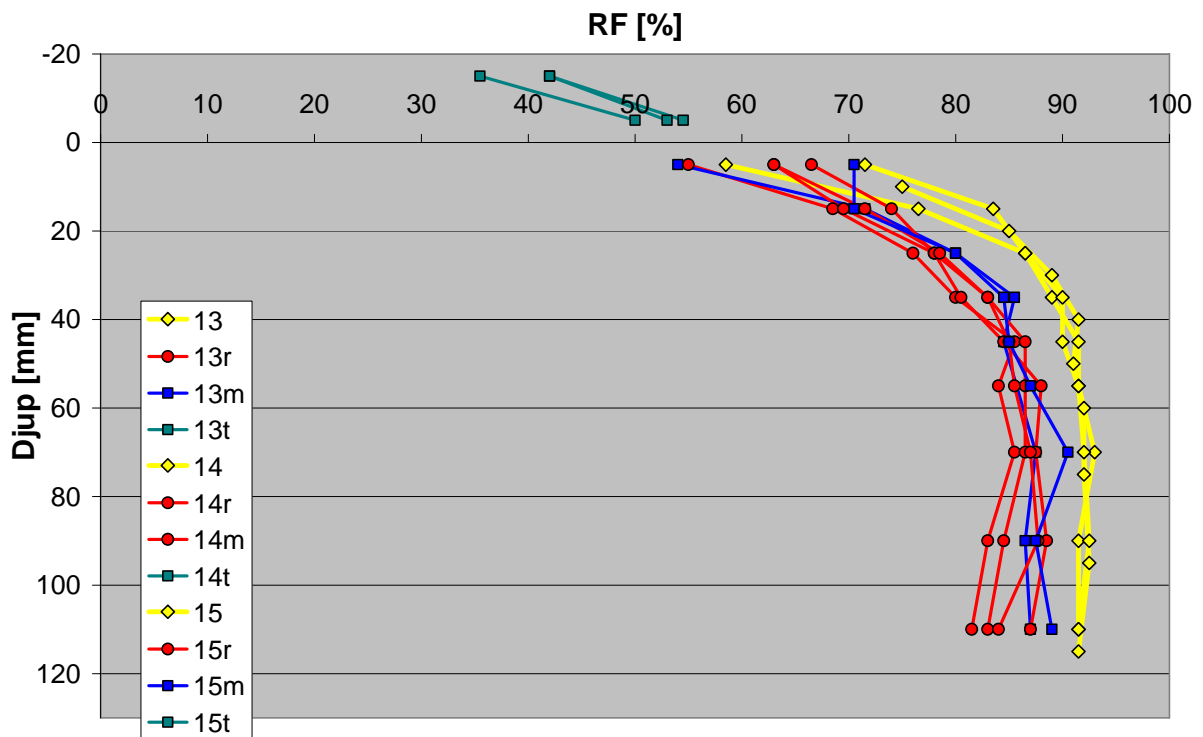


Figur B11. Platta 23 – 30 % RF – vct 0,4 – 10+2 veckors torkning – trägolv II

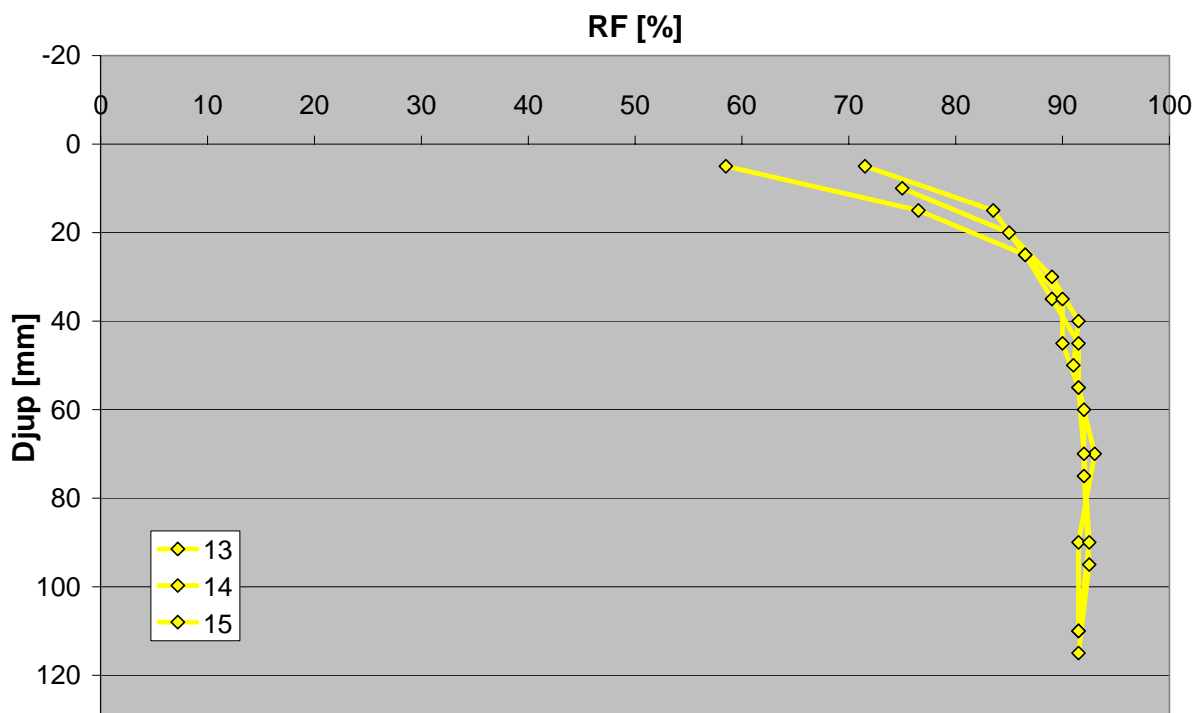


Figur B12. Platta 24 – 30 % RF – vct 0,4 – 10+2 veckors torkning – trägolv III

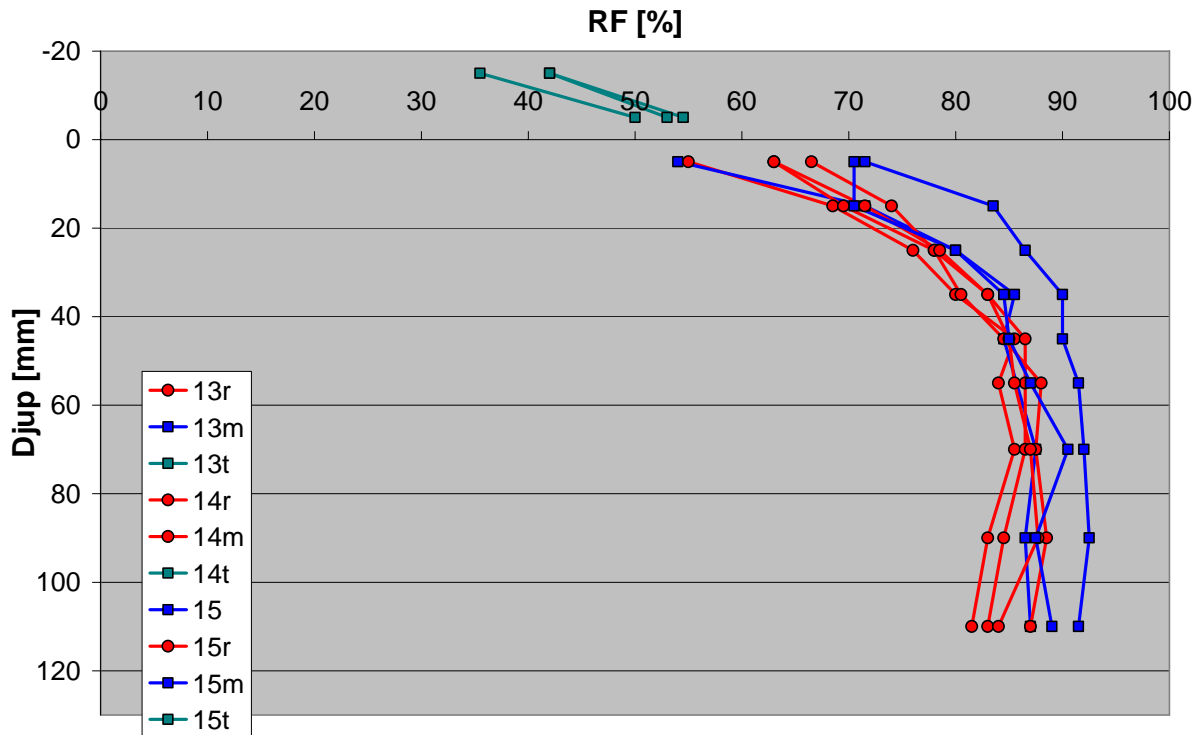
Plattor med vct 0,6 som konditionerats lika – olika trögolv



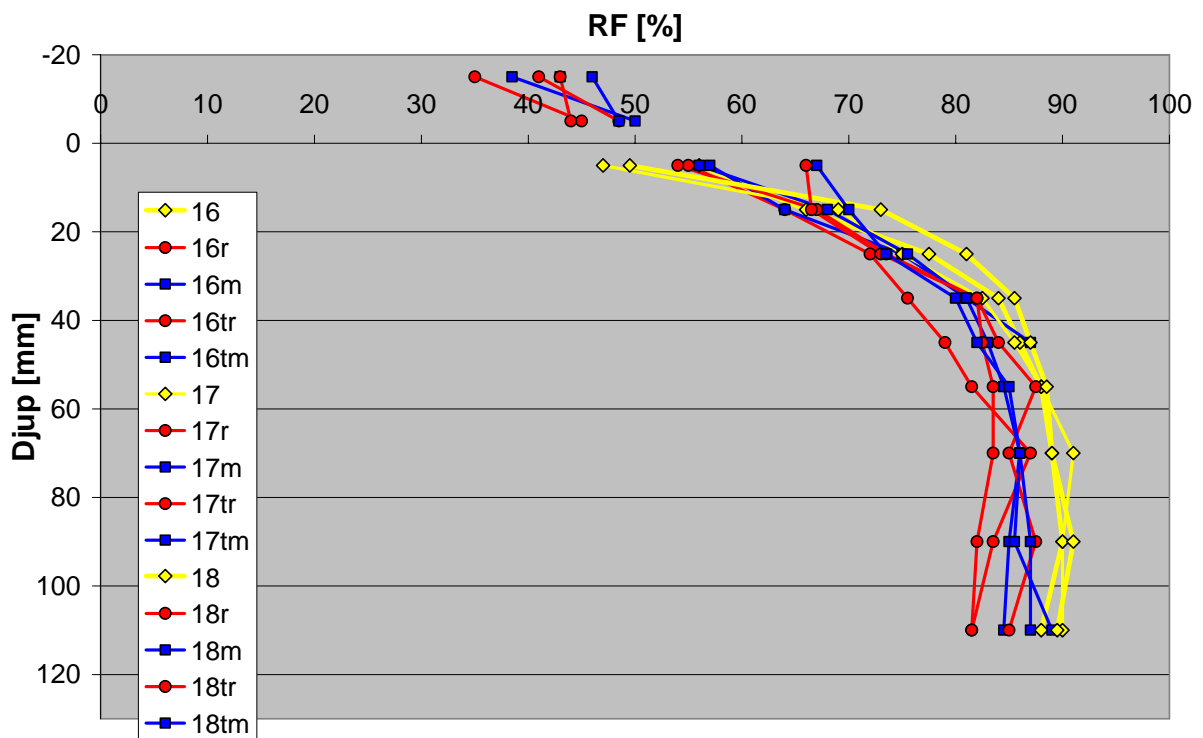
Figur B13. 30 % RF – Alla vct 0,6 – 6+1 veckors torkning



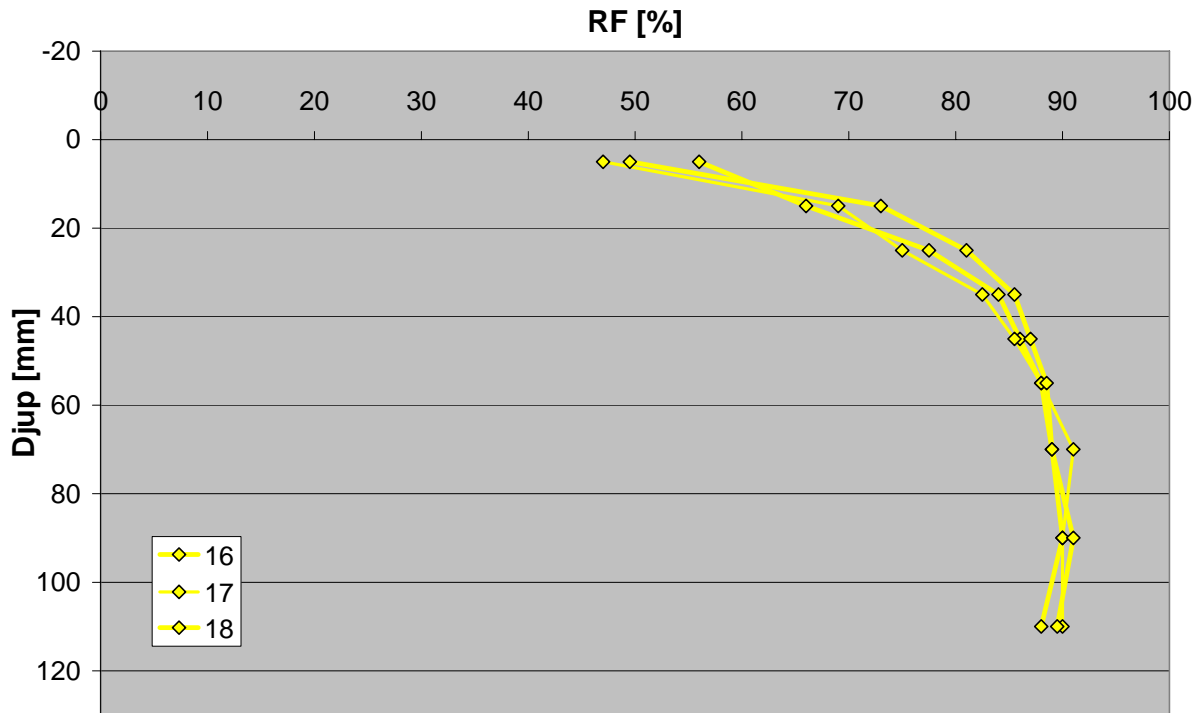
Figur B14. 30 % RF – Alla vct 0,66 – 6+1 veckors torkning – Vid beläggning



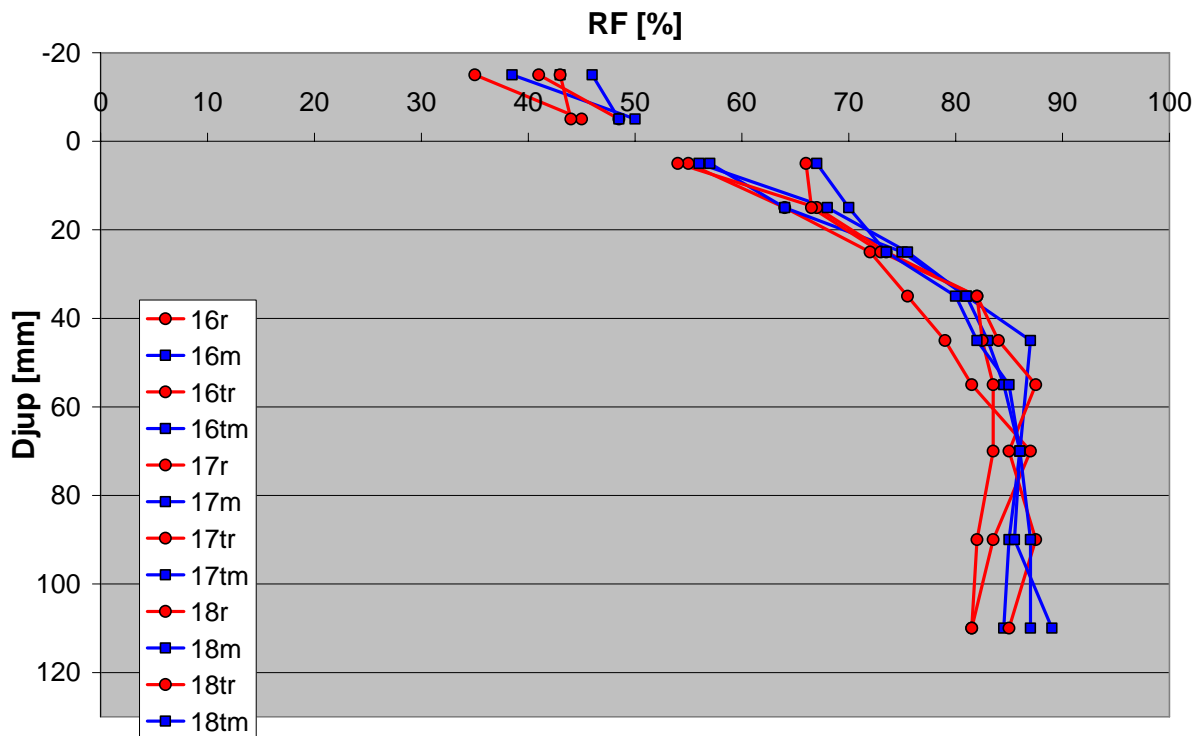
Figur B15. 30 % RF – Alla vct 0,66 – 6+1 veckors torkning – 2 månaders omlagring



Figur B16. 30 % RF – Alla vct 0,66 – 10+2 veckors torkning

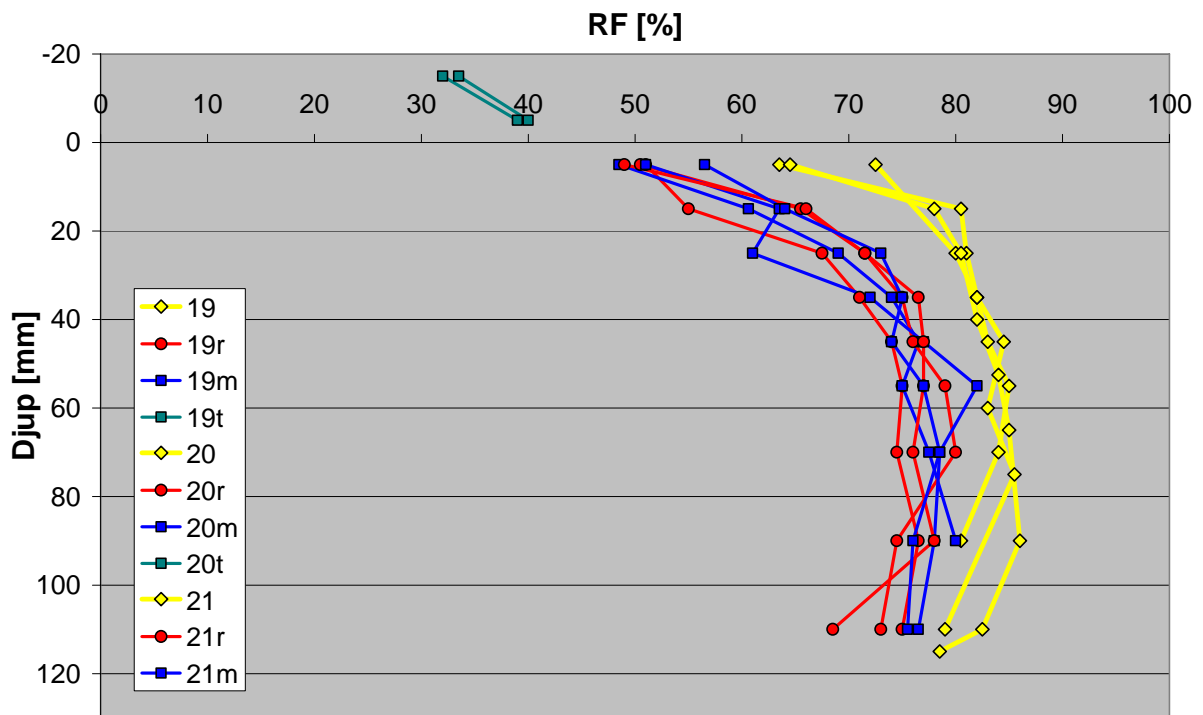


Figur B17. 30 % RF – Alla vct 0,6 – 10+2 veckors torkning – Vid beläggning

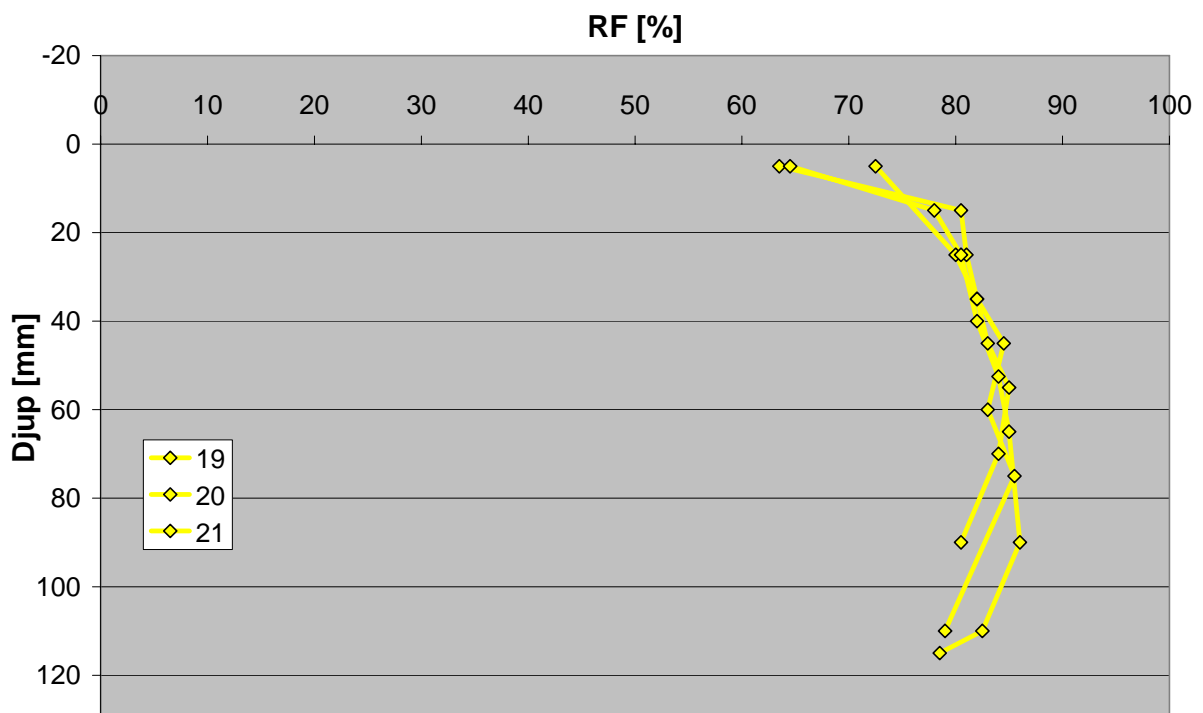


Figur B18. 30 % RF – Alla vct 0,6 – 10+2 veckors torkning – 2 månaders omlagring

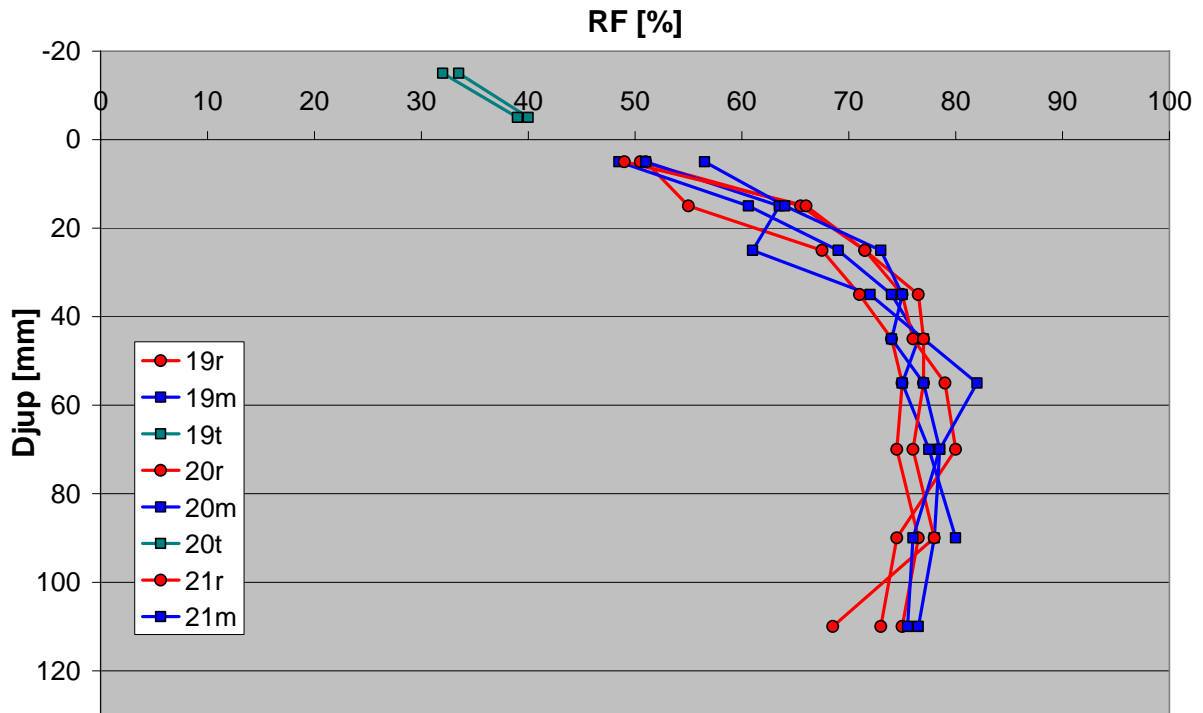
Plattor med vct 0,4 som konditionerats lika – olika trögolv



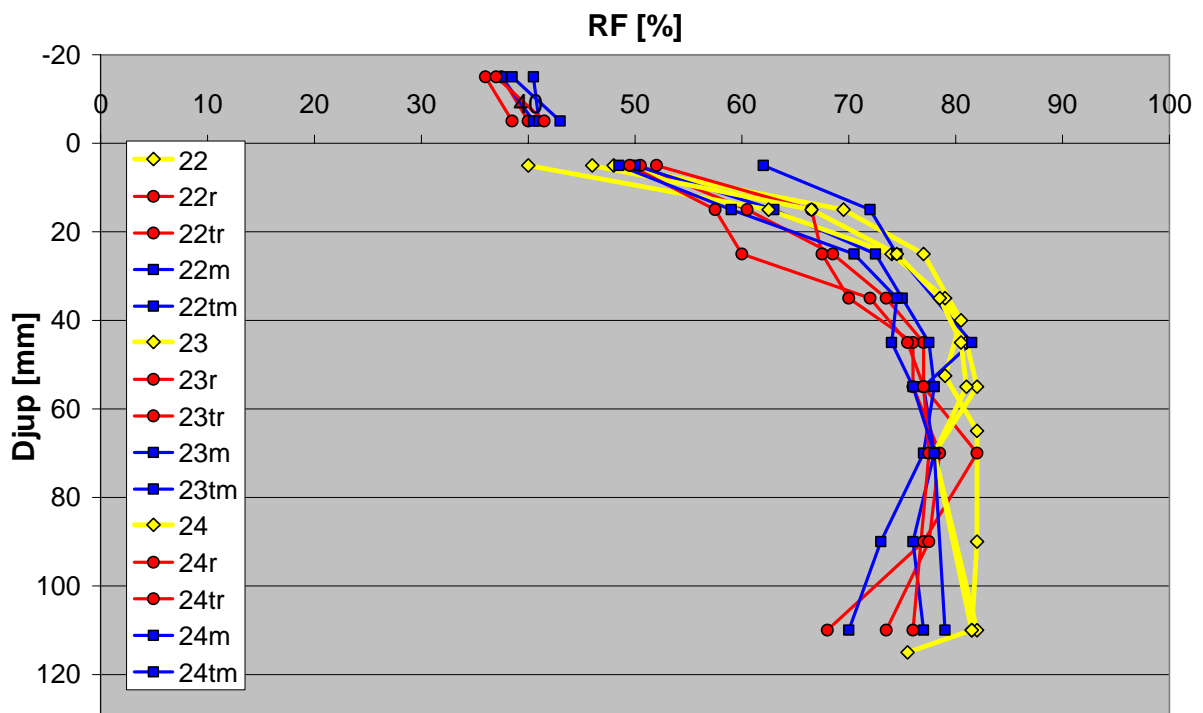
Figur B19. 30 % RF – Alla vct 0,4 – 6+1 veckors torkning



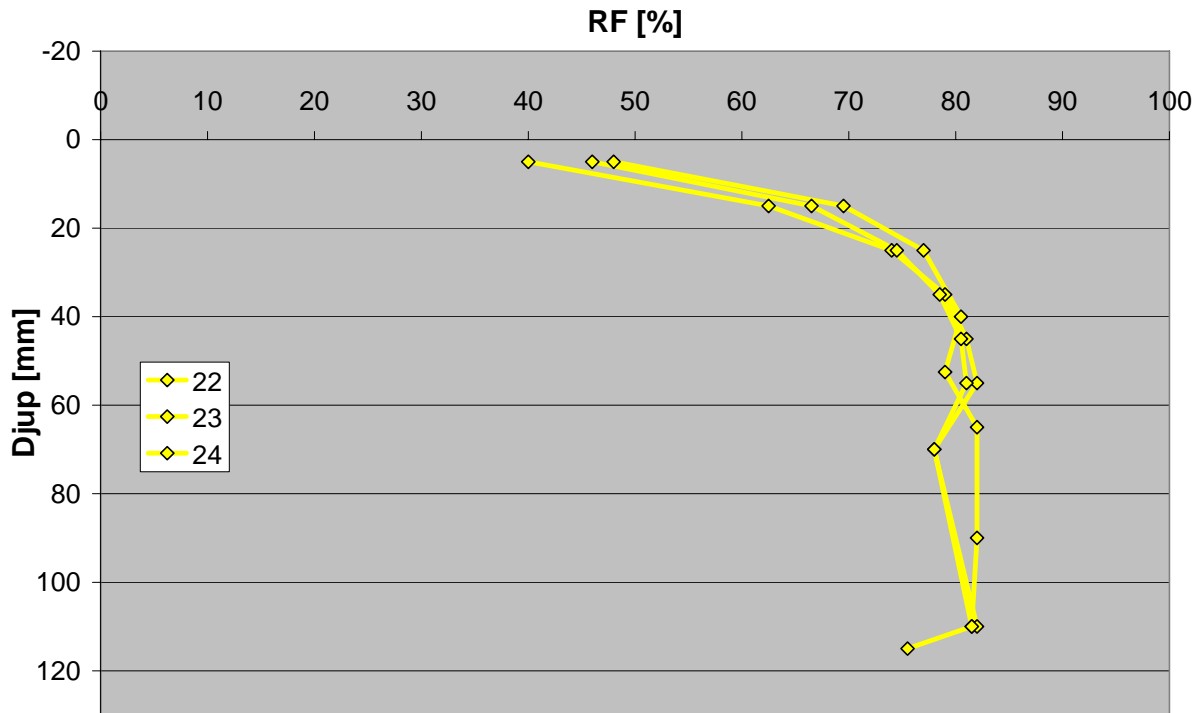
Figur B20. 30 % RF – Alla vct 0,4 – 6+1 veckors torkning – Vid beläggning



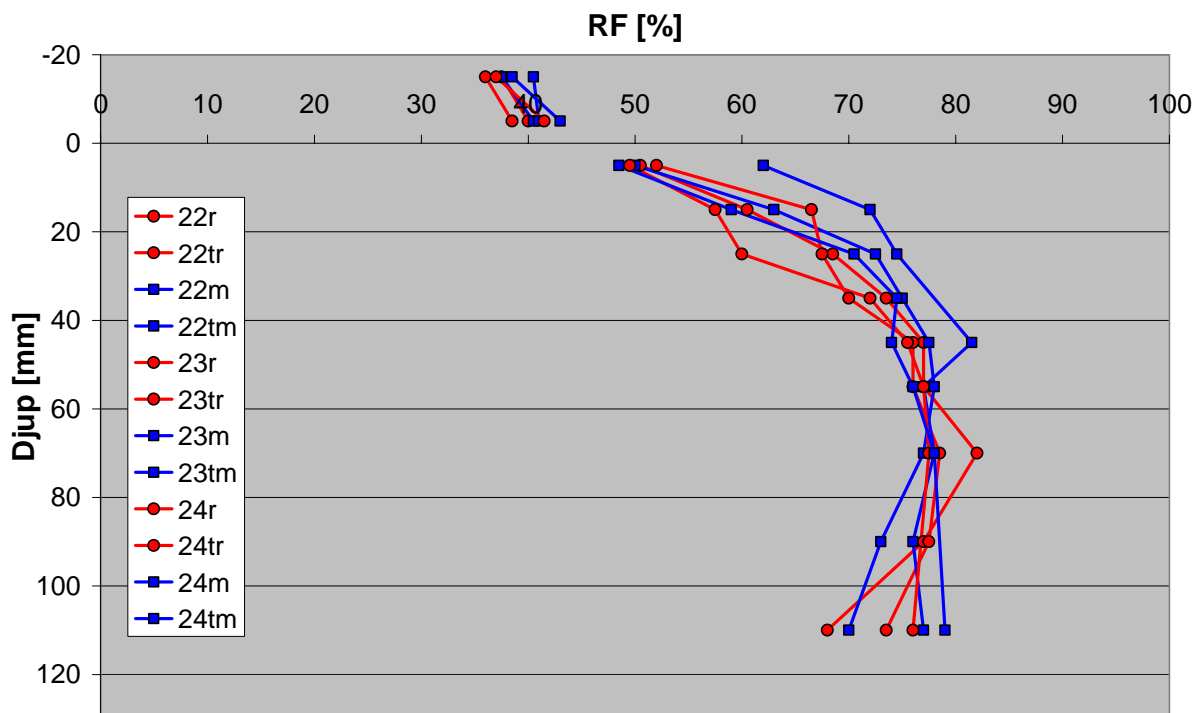
Figur B21. 30 % RF – Alla vct 0,4 – 6+1 veckors torkning – 2 månaders omlagring



Figur B22. 30 % RF – Alla vct 0,4 – 10+2 veckors torkning



Figur B23. 30 % RF – Alla vct 0,4 – 10+2 veckors torkning – Vid beläggning



Figur B24. 30 % RF – Alla vct 0,4 – 10+2 veckors torkning – 2 månaders omlagring

Tidplan för plattor P1 – P12 samt PREF1 (RF = 60%), perioden 29/9 2005 – 20/3 2006

Platta	VCT	Gjutning	Torkning	Avjämning	RF 1	Limning	Värme	RF 2	Temp. 2	RF 3	Temp. 3
P1	0.60	29.9.05	2 mån.	1.12.05	8.12.05	9.12.05	16.12.05	9.1.06	9.1.06	3.2.06	3.2.06
P2	0.60	29.9.05	2 mån.	1.12.05	8.12.05	9.12.05	16.12.05	9.1.06	9.1.06	3.2.06	3.2.06
P3	0.60	29.9.05	2 mån.	1.12.05	8.12.05	9.12.05	16.12.05	9.1.06	9.1.06	3.2.06	3.2.06
P4	0.60	29.9.05	3 mån.	28.12.05	8.1.06	11.1.06	21.1.06	3.2.06	3.2.06	3.3.06	3.3.06
P5	0.60	29.9.05	3 mån.	28.12.05	8.1.06	11.1.06	21.1.06	3.2.06	3.2.06	3.3.06	3.3.06
P6	0.60	29.9.05	3 mån.	28.12.05	8.1.06	11.1.06	21.1.06	3.2.06	3.2.06	3.3.06	3.3.06
P7	0.40	11.10.05	1 mån.	11.12.05	18.12.05	19.12.05	28.12.05	7.2.06	7.2.06	20.2.06	20.2.06
P8	0.40	11.10.05	1 mån.	11.12.05	18.12.05	19.12.05	28.12.05	7.2.06	7.2.06	20.2.06	20.2.06
P9	0.40	11.10.05	1 mån.	11.12.05	18.12.05	19.12.05	28.12.05	7.2.06	7.2.06	20.2.06	20.2.06
P10	0.40	11.10.05	2 mån.	12.1.06	19.1.06	20.1.06	1.2.06	20.2.06	20.2.06	20.3.06	20.3.06
P11	0.40	11.10.05	2 mån.	12.1.06	19.1.06	20.1.06	1.2.06	20.2.06	20.2.06	20.3.06	20.3.06
P12	0.40	11.10.05	2 mån.	12.1.06	19.1.06	20.1.06	1.2.06	20.2.06	20.2.06	20.3.06	20.3.06
REF	0.60	29.9.05	2 mån.	1.12.05	8.12.05	9.12.05	Ingen v.	9.1.06	9.1.06	3.2.06	3.2.06

Beteckningar: Fk = fuktkvot, RF = mätning av relativa fuktigheten, Temp. = temperaturmätning, 0 = tid efter limning (mån.).

Torktid räknas från gjutning fram till avjämning; mätning 1 sker ca 1 vecka efter avjämning varav Fk och RF utförs 1 dag före limning, mätning 2 sker ca 1 mån. efter mätning 1; mätning 3 sker ca 1 mån. efter mätning 2. Ev. helgdag bytes ut mot mest närliggande vardag.

Tidplan för plattor P13 – P24 (RF = 30%), perioden 10/9 2006 – 5/3 2007

No	vct	RF _{rum} (%)	Parkett- typ	Gjut 2006	Avjämn	Mätn. 1	Limn. trägolv	Golv värme	Mätn. 2 (ca)	Anm.
P13	0.60	30	Massiv	10/9	18/10	25/10	26/10	2/11	15/1	Kort torktid 5 veckor
P14	0.60	30	1-stav	10/9	18/10	25/10	26/10	2/11	15/1	
P15	0.60	30	3-stav	10/9	18/10	25/10	26/10	2/11	15/1	
P16	0.60	30	Massiv	10/9	15/11	30/11	30/11	7/12	21/2	Lång torktid 10 veckor
P17	0.60	30	1-stav	10/9	15/11	30/11	30/11	7/12	21/2	
P18	0.60	30	3-stav	10/9	15/11	30/11	30/11	7/12	21/2	
P19	0.40	30	Massiv	23/9	31/10	8/11	9/11	16/11	29/1	Kort torktid 5 veckor
P20	0.40	30	1-stav	23/9	31/10	8/11	9/11	16/11	29/1	
P21	0.40	30	3-stav	23/9	31/10	8/11	9/11	16/11	29/1	
P22	0.40	30	Massiv	23/9	6/12	13/12	14/12	20/12	5/3	Lång torktid 10 veckor
P23	0.40	30	1-stav	23/9	6/12	13/12	14/12	20/12	5/3	
P24	0.40	30	3-stav	23/9	6/12	13/12	14/12	20/12	5/3	
Ansvarig				BN/BJ	BN	MS/SB	BN	TL	MS/SB	

Bengt Nilsson (BN), Bo Johansson (BJ), Stefan Backe (SB), Tord Lundgren (TL), Mathias Stenström, AK-konsult (MS)