

Fältstudie av olika metoder att påskynda betongs uttorkning

Niklas Johansson

Fältstudie av olika metoder att påskynda betongs uttorkning

Niklas Johansson

Lunds Tekniska Högskola
Byggnadsmaterial
Box 118

221 00 LUND

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

Förord

Denna undersökning har utförts i samband med tillbyggnaden av Järavallens konferenscenter som PNB Entreprenad Syd har utfört. Projektet har haft finansiellt stöd från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF.

Jag vill passa på att tacka arbetschef Stefan Olsson, PNB och Göran Hedenblad, Boverket för initiativet till denna fältstudie. Platschef Kent-Olle Gummesson och arbetsledare Peter Christensson, PNB, förtjänar också ett stort tack för deras engagemang och goda samarbetsförmåga under byggtiden. Ledningsgruppen har förutom ovan nämnda personer bestått av professor Göran Fagerlund, LTH, Björn Schough, NCC Ballast Syd samt Mikael Mårtensson B & M Fuktteknik. Dessa har också bidragit med mycket hjälp i projektet.

En referensgrupp har varit kopplad till projektet. Denna har bidragit med många givande synpunkter och råd under arbetet. Referensgruppen har bestått av Åsa Nilsson, Cementa, Bengt Ström NCC Teknik, Peter Brander, Skanska Teknik samt Ted Rapp från Sveriges Byggindustrier.

Sist men inte minst vill jag tacka Stefan Backe vid avd. Byggnadsmaterial för all hjälp i samband med fuktmätningarna.

Mars 2003

Niklas Johansson
Avd. Byggnadsmaterial, LTH

Sammanfattning

Vid tillbyggnaden av Järavallens konferenscenter har beställaren satt hårda krav på uttorkningen av betongen. 85 % RF skall understigas på halva plattjockleken oavsett konstruktionstyp eller ytmaterial. Entreprenören PNB insåg att detta skulle vara svårt att uppnå med föreskriven byggtid och betongkvalitet. I samråd med Avd Byggnadsmaterial LTH, betongleverantören och en fuktkonsult beslutades att göra ett uttorkningsprojekt i samband med byggnationen.

Syftet med detta fältprojekt är att studera olika metoder för att påskynda betongs uttorkning. Med kunskap om flera olika uttorkningsalternativ kan man välja det mest fördelaktiga vid nya byggprojekt.

Fem metoder som på olika sätt påskyndar uttorkningen har studerats. Här följer en kort beskrivning av de olika metoderna.

Ökad betongkvalitet innebär att man sänker betongens vattencementtal, vct. I betong med vct < 0,40 sker en snabb sänkning av RF till följd av en inre självuttorkning.

Värmning med ingjuten elslinga höjer temperaturen i betongen. En ökad betongtemperatur skapar ett ökat ångtryck i betongen vilket ökar den drivande potentialen för ångtransport via diffusion.

HP-torkning innebär att varm torr luft blåses in under bottenplattan. Detta ger en torkning av markisoleringen samt en viss uppvärmning av betongen.

Sorptionsavfuktning minskar ånghalten i betongens omgivning. Detta skapar ett gynnsamt uttorkningsklimat samt minskar risken för kondens på andra byggnadsdelar.

Infravärme ger en uppvärmning av betongen från ovansidan. Detta höjer ångtrycket i betongen vilket är gynnsamt för uttorkningen.

RF och temperatur har registrerats i omgivande luft med hjälp av ett stort antal datalagrare. I betongen har RF mätts med två olika metoder. Kvarsittande RF-givare och RF-mätning på uttaget prov.

Resultaten från detta projekt visar att betong med lågt vct samt värmning med elslinga ger snabbast uttorkning. En annan slutsats är att enstaka RF-mätningar med kvarsittande givare av typ Humi-Guard ger opålitliga resultat. Förmodligen beror detta på de kraftiga temperaturvariationer som förekommer i fält.

Regn i samband med gjutning av platta på mark med underliggande mineralullsisolering verkar fördröja uttorkningen mycket starkt, tydligen pga. att mineralullen tillhandahåller ett "vattenmagasin" till plattan. Detta fick i det aktuella projektet konsekvensen att man tvingades torka sådana "fuktskadade" delar av bottenplattan med hjälp av infravärmare.

De simuleringar som gjorts i TorkaS 2.0 med de verkliga uttorkningstiderna ock klimaten, visar att TorkaS stämmer ganska väl med uppmätta resultat. De största avvikelserna har observerats för betong med vct 0,38, där flertalet uppmätta resultat legat långt under de simulerade. Möjligen är inte TorkaS 2.0 tillämbart för mycket högvärdiga betongtyper.

Innehållsförteckning

Förord

Sammanfattning

1. Bakgrund	1
2. Syfte	1
3. Byggnadsbeskrivning	2
3.1 Tillbyggnadens utformning	
3.2 Tillbyggnadens golvkonstruktioner	
4. Uttorkningsmetoder	5
4.1 Ökad betongkvalitet	
4.2 Värmning med elslinga	
4.3 HP-torkning (High Pressure)	
4.4 Sorptionsavfuktning	
4.5 Torkning med infravärme	
5. Uttorkningsbedömningar med TorkaS 1.0 före byggstart	10
5.1 Förutsättningar	
5.2 Simuleringsresultat	
6. Mätning och registrering av temperatur och fukt	12
6.1 Mätning i luft	
6.2 Mätning i betong	
7. Resultat	14
7.1 Betonggjutning	
7.2 Torkklimat	
7.3 Fuktmätning i betong	
8. Jämförelse mellan uppmätta resultat och simuleringsresultat från TorkaS 2.0	26
9. Slutsatser	29
10. Referenser	32

Bilagor

- 1. Plan och sektionsritning**
- 2. Rumsnumrering**
- 3. Betongrecept**
- 4. Uttorkningssimuleringar med TorkaS 1.0**
- 5. Placering av kvarsittande RF-givare**
- 6. Mätpunkter för slutmätning**
- 7. Uteklimatdata**
- 8. Inneklimatdata**
- 9. Mätresultat kvarsittande givare**
- 10. Mätresultat uttaget prov**
- 11. Resultat slutmätning**
- 12. Sammanställning av uttorkningsmetoder**
- 13. Uttorkningssimuleringar med TorkaS 2.0**

1. Bakgrund

PNB Entreprenad har åtagit sig att bygga ut Järavallens konferenscenter vid Barsebäcks golfklubb. Byggnaden beskrivs i kapitel 3. Beställaren har satt hårda krav vad det gäller uttorkningen av betongen före golvläggning. Den relativa fuktigheten skall vara lägre än 85 % på halva plattjockleken enligt beställarens allmänna anvisningar. Av dessa anvisningar föreskrivs också att betong K 35 används i bottenplattan. Betongkvaliteten i bjälklaget får väljas fritt efter samråd med plattbärlagsleverantören.

Med tanke på den föreskrivna byggtiden samt de hårt ställda kraven valde PNB att kontakta avd. Byggnadsmaterial vid LTH för att söka råd hur betongens uttorkning kan påskyndas. Denna kontakt har resulterat i att bygget vid Järavallen har blivit ett stort SBUF-finansierat uttorkningsprojekt. Utöver redan nämnda parter ingår även NCC Ballast Syd och B & M Fuktteknik i projektet.

2. Syfte

Syftet med uttorkningsprojektet är att studera olika metoder att påskynda betongs uttorkning, för att visa vilka valmöjligheter entreprenören kan ha i samband med byggnation.

Med flera olika uttorkningsalternativ kan kostnaderna för uttorkningen minska genom att den ekonomiskt mest gynnsamma metoden kan användas i varje enskilt fall. Varierande betongtyper och andra uttorkningsåtgärder såsom t ex värmning av golvet med elslingor och sorptionsavfuktning av omgivande luft kombineras i projektet.

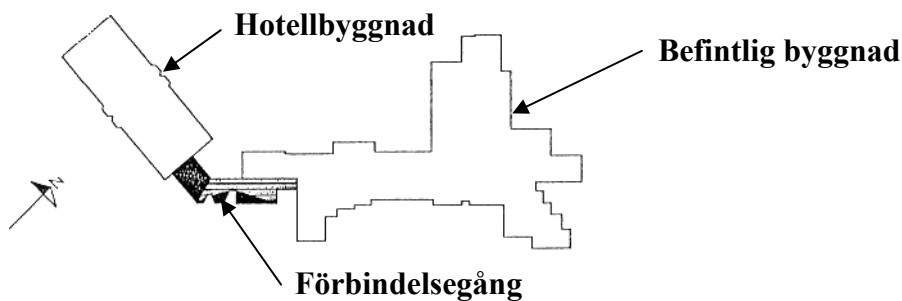
Vidare är ett övergripande syfte med projektet att de inblandade parterna skall få ökad kunskap som kan utnyttjas i framtida projekt och att denna kunskap skall föras vidare till hela byggbranschen. Detta sker delvis även genom den referensgrupp som kopplats till projektet.

3. Byggnadsbeskrivning

Järavallens Conference & Country Club är beläget i sydvästra Skåne i anslutning till Barsebäcks golfklubb. Före tillbyggnaden bestod konferensanläggningen av en enplans huvudbyggnad samt ett antal stugor för boende. Byggbolaget PNB Entreprenad hade fått i uppdrag att uppföra ett hotell som skulle anslutas till huvudbyggnaden. Följande avsnitt beskriver tillbyggnadens utformning samt detaljbeskrivningar av de byggnadsdelar som är relevanta i detta uttorkningsprojekt.

3.1 Tillbyggnadens utformning

Tillbyggnaden kan delas upp i en hotellbyggnad samt en förbindelsebyggnad mellan hotelldelen och den befintliga huvudbyggnaden, se figur 3.1.



Figur 3.1 Planskiss av Järavallens tillbyggnad

Hotelldelen är en tvåplansbyggnad som rymmer 36 dubbelrum. De yttre måtten är ca 42 x 17 m, vilket ger en yta av ca 700 m² per våningsplan. Hotelldelen består även av en ca 50 m² källare. I bilaga 1 presenteras plan- och sektionsskisser för hotellbyggnaden. Figur 3.2 visar hotellbyggnaden under byggskedet.



Figur 3.2 Hotelldelen under byggnation. Plattbärlaget är just monterat.

Grunden utgörs av en platsgjuten platta på mark med underliggande markisolering. Källarbjälklaget består av platsgjuten betong på ett prefabricerat plattbärlag. Även mellanbjälklaget i byggnaden består av denna konstruktionstyp. Alla bärande väggar är av platsgjuten betong och kortsidorna på byggnaden har murats upp med Lecablock. Långsidorna täcks av glaspartier och takkonstruktionen är av trä.

I kapitel 3.2 finns en mera teknisk beskrivning av golvkonstruktionerna.

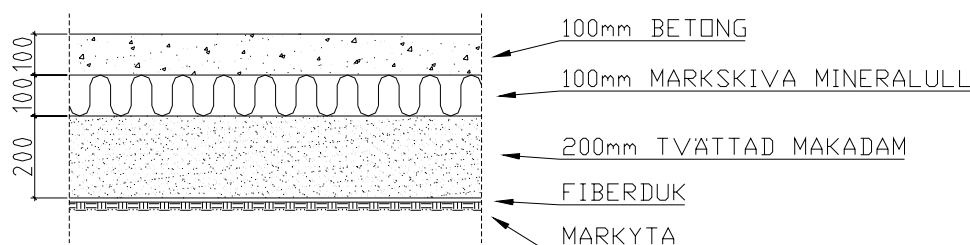
Förbindelsebyggnaden är en enplanskonstruktion på ca 170 m² med platsgjuten platta på mark. Ytterväggarna består av murade lecablock samt glaspartier. Takkonstruktionen är av trä.

3.2 Tillbyggnadens golvkonstruktioner

Här nedan följer en detaljerad beskrivning av de golvkonstruktioner som förekommer i projektet. I bilaga 1 framgår var de olika golvkonstruktionerna förekommer.

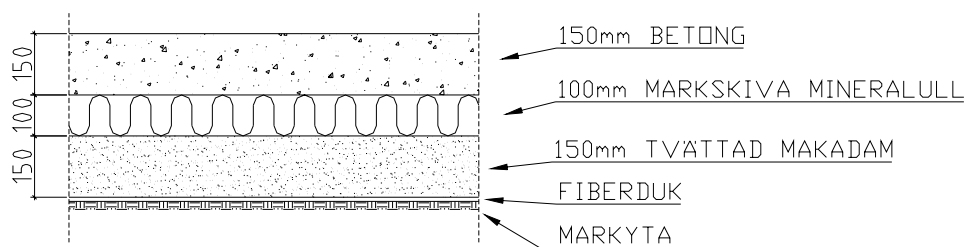
- **Bottenplan Hotell**

Tre olika golvkonstruktioner förekommer i hotellets bottenvåning. Den vanligast förekommande är 100 mm platsgjuten betong med 100 mm underliggande markskiva av mineralull, se figur 3.3.



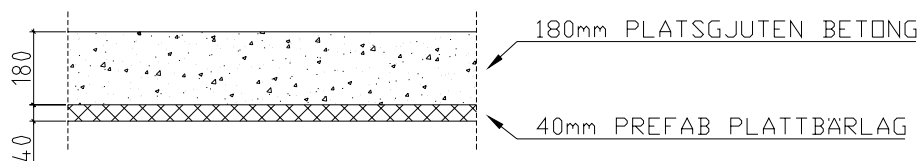
Figur 3.3 Platta på mark 100 mm.

I korridoren som löper genom byggnaden består golvet av 150 mm platsgjuten betong med 100 mm underliggande mineralull, se figur 3.4.



Figur 3.4 Platta på mark 150 mm

Golvet över källaren, se bilaga 1:1, består av 40 mm prefabricerat plattbärlag som pågjuts med 180 mm platsgjuten betong, se figur 3.5.

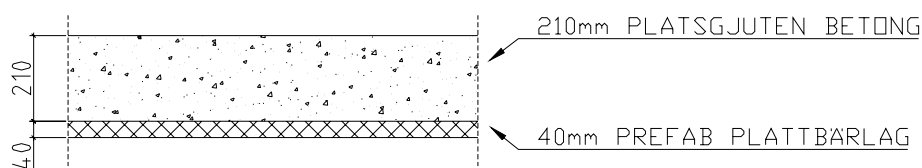


Figur 3.5 Bjälklag 220 mm.

Golven beläggs med ca 10 mm avjämningsmassa före applicering av ytbeläggning. Som ytbeläggning används klinker i badrum och städrum samt parkettgolv med underliggande plastfolie i övriga utrymmen.

- **Plan 2 Hotelldel**

Två olika golvtyper förekommer på plan 2. Bjälklaget över den öppna ytan vid trappen består av 40 mm prefabricerat plattbärlag som pågjuts med 210 mm platsgjuten betong, se figur 3.6.



Figur 3.6 Bjälklag 250 mm.

Resten av plan 2 består av samma bjälklag som används över källaren, se figur 3.5.

Som golvbeläggning används klinker i badrum och städrum samt parkettgolv med underliggande plastfolie i övriga utrymmen.

- **Förbindelsegång**

Samma golvkonstruktion förekommer i hela förbindelsegången. 100 mm platsgjuten betong med 100 mm underliggande markskiva av mineralull, se figur 3.3.

Golbeläggningen består även här av en golvavjämning samt klinker och parkett med underliggande plastfolie.

- **Voter och kantförstyvningar**

Voter i bottenplattan förekommer under alla bärande väggar och kantförstyvningar finns längs med ytterkanterna av plattan. Betongtjockleken i dessa varierar mellan 250 och 460 mm. Voter och kantförstyvningar isoleras i underkant av 50 mm extruderad cellplast.

4. Uttorkningsmetoder

De ursprungliga förutsättningarna för byggprojektet bestämdes av konstruktören. I de allmänna anvisningarna angavs följande konstruktionsförutsättningar.

- Golv på mark utförs i hållfasthetsklass K 35.
- Betong till bjälklaget väljs i samråd med plattbärlagsleverantören. Uttorkningstiden skall beaktas.
- Övriga platsgjutna konstruktioner utförs i hållfasthetsklass K 35.
- Fukthalten i betongen får ej vara högre än 85 % RF vid golvläggning.
- Fuktmätning skall utföras på halva plattjockleken.

Gjutningen av bottenplattan var planerad att ske i början av september och bjälklaget skulle gjutas i slutet av oktober. Golvläggning var planerad till början av april.

Det konstaterades snabbt att det skulle bli svårt att uppfylla uttorkningskravet med de förutsättningar som givits. Det fanns därför ett intresse hos medverkande parter att vidta uttorkningsåtgärder som förväntades uppfylla kraven. De uttorkningsmetoder som använts presenteras mer ingående i kommande kapitel. En skiss över var olika uttorkningsmetoder används redovisas i bilaga 2.

4.1 Ökad betongkvalitet

Betongens vattencementtal, vct är en viktig parameter för att påverka uttorkningstiden. Normal husbyggnadsbetong i hållfasthetsklasser mellan K 25 och K 45 har normalt ett vct som ligger mellan 0,70 och 0,50. Uttorkningen av denna typ av betong domineras av ångtransport via diffusion. Betongen har en relativt öppen porstruktur där uttorkningshastigheten styrs av ånghaltsskillnader mellan betong och omgivande luft.

Betong med vct < 0,40 kallas ofta för snabbtorkande eller självuttorkande betong. Denna typ av betong har mindre mängd byggfukt än normal husbyggnadsbetong. Detta i kombination med en fin porstruktur ger betongen en snabb inre självuttorkning, vilken kan registreras som en snabb minskning av inre RF.

Tidigare undersökningar har visat att uttorkningen hos betong med lågt vct är betydligt snabbare än hos en normal husbyggnadsbetong.

I fältprojekt Järavallen har betong med tre olika vct använts enligt följande:

- vct 0,38 (K 60) Voter och kantförstyvningar
Halva mellanbjälklaget
- vct 0,50 (K 45) Korridoren i bottenplanet
Halva mellanbjälklaget
Bottenplattan till förbindelsebyggnaden
- vct 0,62 (K 35) Bottenplattan i hotelldelen bortsett från korridoren

Fullständiga betongrecept redovisas i bilaga 3.

Genom att först gjuta voter och kantförstyvningar med en hög betongkvalitet, se figur 4.1, och därpå gjuta bottenplattan med en lägre kvalitet, kan man behandla hela bottenplattan som en enhet som har enkelsidig uttorkning uppåt. Vid bestämning av RF tar man därför ingen hänsyn till betongen i voten, då man anser att den torkar genom inre självuttorkning. Det innebär att voten antas ha samma s k ekvivalenta djup som plattan.



Figur 4.1 Gjutning av voter och kantförstyvningar dagen före gjutning av bottenplattan

4.2 Värmning med elslinga

En direkt uppvärmning av betongen är positiv på flera sätt när det gäller uttorkningshastigheten. För betong med lågt vct ger den tillförda värmen en snabb hydratations- och strukturutveckling i betongen. Det medför att relativa fuktigheten sjunker snabbt i betongen på grund av s k självuttorkning.

Den ökade värmen ger också upphov till ett ökat ångtryck i betongen. Den drivande potentialen för ångtransport genom diffusion ökar således. Denna effekt är störst i vanlig husbyggnadsbetong där porsystemet är öppet.

Vid Järavallen användes elslingor i källarbjälklaget, halva mellanbjälklaget samt i ca 200 m² av bottenplattan i hotelldelen. I bottenplattan varierades slingornas placering. Vissa placerades i underkant medan andra fästes i den mittplacerade armeringen. I bjälklagen placerades samtliga slingor i underkant direkt på plattbärlaget.

Elslingor monterades före gjutning, se figur 4.2. Avståndet mellan kablarna var ca 25 cm och en slinga täckte ca 30 m². Kablarna monterades från långsida till långsida. Styrningen av elslingorna skedde via en termostat med noggrannheten 0,5°C. Termostaten ställdes in för en kontinuerlig temperatur på 25°C.

I rum 1:19, se bilaga 2:1, värmdes plattan intermittent. Detta innebar att elslingan var påslagen under natten och avstängd under dagen.



Figur 4.2 Elslingor i bottenplattan

Elslingorna startades efter ca 6 veckor i samband med att provisoriskt tätt hus erhöles, d v s 2001-11-20 (bottenplan) och 2001-12-21 (plan 2).

En slinga var ur funktion redan före värmning skulle startas och ytterligare tre gick sönder senare under byggskedet. När dessa gått sönder finns ingen uppgift om.

4.3 HP-torkning (High Pressure)

Denna metod är vanligt förekommande i samband med sanering av fuktskador i befintliga byggnader. Det fanns därför ett intresse att undersöka om tekniken gick att använda även vid nyproduktion.

Varm torr luft blåstes in under plattan för att torka markisoleringen samt för att värma betongen. Fiberduken som fanns under bottenplattan och makadamen ansågs vara tillräckligt tät för att hindra onödigt luftläckage nedåt i marken. Där HP-torkning var aktuellt placerades cellplast mellan voter och fiberduk, se figur 4.3, för att förhindra luftläckage i sidled. HP-torkningen kunde påbörjas direkt efter gjutningen.



Figur 4.3 Placering av cellplast under voter för att förhindra luftläckage i sidled

HP-torkning användes på ca 190 m² av bottenplattan, se bilaga 2:1. Rör för inblåsning av torkad värmad luft monterades före gjutning genom det kvarsittande kantelementet, se figur 4.4. Rör för utblåsning placerades mitt i plattan i den tilltänkta korridoren i husets mitt.



Figur 4.4 Montering av rör för HP-torkning

Ett av systemen, se figur 4.5, startades direkt efter gjutning. Torr varm luft blåstes in i makadamen under plattan. Det visade sig ganska tidigt att luften tog andra vägar än de tänkta, men ett visst flöde kunde mätas vid utblåsningsrören.



Figur 4.5 HP-systemet. Bilden visar turbinen som blåser in varm torr luft genom inblåsningsrören. Utblåsningsrören kan skymtas vid plattans mitt.

Övrig HP-torkning startades efter ca 6 veckor i samband med att man erhöll provisoriskt tät hus.

4.4 Sorptionsavfuktning

Sorptionsavfuktning innebär att RF i luften ovanför bottenplattan/bjälklaget sänks genom avfuktning och/eller värmning. Denna åtgärd bör inte startas förrän man erhållit tät hus.

Sorptionsavfuktning av omgivande luft användes i samtliga utrymmen. Två aggregat, se figur 4.6, var placerade på bottenplanet sedan mitten av december.

Den torra varma luften från dessa spreds naturligt i byggnaden för att ge ett gynnsamt uttorkningsklimat. Ett aggregat placerades på ovanvåningen i mitten av januari och ett annat aggregat i förbindelsegången i mitten av februari.



Figur 4.6 Sorptionsavfuktare

4.5 Torkning med infravärme

Infravärme ökar uttorkningshastigheten enligt samma princip som användning av elslingor, dvs. genom att öka ångtrycket i betongens porer. Infravärmaren placeras på betongytan och används vanligtvis i samband med uttorkning av vattenskador.

Värmning av betongen med hjälp av infravärme var en metod som lades till i projektets slutskede för att forcera uttorkningen på vissa kritiska partier av byggnaden. Värmaren var ca en meter lång, se figur 4.7, och värmdde upp ett område på ca 5 m². Betongens temperatur var över 30°C vid uppvärmningen.



Figur 4.7 Infravärmare

5. Uttorkningsbedömningar med TorkaS 1.0 före byggstart

Valet av uttorkningsåtgärder baserades på tidigare erfarenheter samt genom en förhandsbedömning av trolig uttorkningstid. Uttorkningsbedömningen gjordes med hjälp av beräkningsprogrammet TorkaS 1.0. TorkaS 1.0 är ett hjälpmedel för att bedöma uttorkningstiden hos ett antal olika konstruktionstyper och har utvecklats vid Fuktcentrum vid LTH av Göran Hedenblad och Jesper Arfvidsson.

Det i förhandsbedömningen använda programmet TorkaS 1.0 har under projektiden utvecklats till version TorkaS 2.0 [1]. Simuleringsresultaten är dock snarlika i de båda versionerna.

5.1 Förutsättningar

För att bedöma uttorkningstiden med TorkaS 1.0 måste man ange vissa förutsättningar. Dessa förutsättningar är:

- Konstruktionstyp platta på mark eller fribärande bjälklag
- Betongtjocklek
- Cementhalt i betongen
- Betongens vattencementtal, vct
- Gjutdatum
- Datum för ”tätt hus” Tätt hus erhålls då man skyddat betongen från nederbörd
- Torkstart Torkstart innebär ett styrt omgivande klimat
- Slutdatum
- Klimatdata Det omgivande klimatet under torktiden, temperatur och RF.

5.2 Simuleringsresultat

De aktuella simuleringarna med TorkaS 1.0 utfördes av Göran Hedenblad, LTH i samverkan med personal från PNB. Fallen med elslinga samt HP-torkning gick ej att simulera med TorkaS 1.0. Dessa metoder bedömdes dock vara gynnsammare än fallet med enbart sorptionsavfukning

Konstruktionstyperna som valdes var ”platta på mark med underliggande mineralull” samt ”plattbärlag”. I tabell 5.1 redovisas de byggtider som låg till grund för simuleringarna före byggstart.

Tabell 5.1 Förutsatta byggtider som användes vid uttorkningsbedömningen.

Beteckning enl. TorkaS	Bottenplatta Datum	Bjälklag Datum
Gjutning	2001-09-10	2001-10-27
Tätt hus	2001-10-01	2001-12-15
Torkstart	2001-11-12	2001-12-21
Slutdatum	2002-04-01	2002-04-01

I programmet användes förinställda klimatdata gällande Sturup. Dessa klimatdata är baserade på SMHI:s väderstatistik och utgör medelvärden för ett stort antal år. Det styrda torkklimatet sattes till 21°C och 35 % RF.

TorkaS 1.0 redovisar RF på det så kallade ”ekvivalenta djupet”, d v s 40% av plattjockleken vid bottenplatta och 20% av plattjockleken för bjälklag. Detta kan jämföras med beställarens krav på mätdjup, 50% av plattjockleken oavsett konstruktionstyp.

Tabell 5.2 redovisar resultaten av simuleringen med TorkaS 1.0.

Tabell 5.2 Resultat av TorkaS 1.0-simulering. RF vid planerat slutdatum, dvs. datum för golvläggning.

Konstruktionstyp	vct	Cementhalt (kg/m ³)	Betongtjocklek (mm)	RF 2002-04-01 (%)
Platta på mark	0,62	295	100	83
Platta på mark	0,50	360	150	85
Bjälklag	0,38	410	220	86
Bjälklag	0,38	410	250	86

En grafisk presentation av TorkaS-simuleringen återfinns i bilaga 4.

Resultaten visade att det skulle vara möjligt att nå målet 85% RF på det ekvivalenta mätdjupet med de angivna förutsättningarna vad avser val av klimat och byggtider.

6. Mätning och registrering av temperatur och fukt

6.1 Mätning i luft

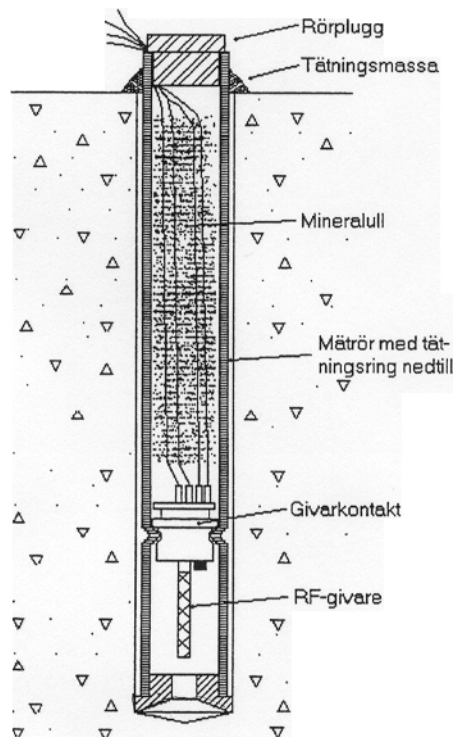
Ett datalagringssystem var monterat på byggarbetsplatsen. Detta system registrerade temperatur och relativ fuktighet i luft. En datalagrare var placerad utomhus alltsedan byggstarten. Ytterligare 12 var placerade inne i byggnaden. 10 på bottenplanet och 2 på ovanvåningen.

6.2 Mätning i betong

Fuktmätningarna i betong påbörjades i mitten av januari 2002 och avslutades i mitten av mars 2002. Avdelning byggnadsmaterial vid LTH utförde trendmätningar av RF-utvecklingen medan en RBK-auktoriserad fuktkontrollant utförde slutmätningarna. Förfarandet vid trendmätningarna följde i stort sett RBK:s manual "Fuktmätning i betong"[2]. I följande avsnitt kommer de olika mätmetoderna att presenteras.

Trendmätning med kvarsittande givare av typ Humi-Guard

Denna metod innebär att RF-givaren monteras i borrhål på utvalt djup i betongen, se figur 6.1. Mätningarna har utförts i enlighet med vad som föreskrivs i RBK manualen "Fuktmätning i betong"[2]. Givaren satt kvar så länge man ville att mätningen skulle fortgå. Avläsning gjordes momentant via ett lättskött handinstrument. Man läste av ett värde för temperatur och ett för RF. Avlästa värden matades in i ett datorprogram som innehöll givarens kalibreringskurva varvid man erhöll aktuell RF omräknad till det värde som gällt om temperaturen i betongen varit +20°C. Denna omräkning tar hänsyn dels till givarens egen temperaturkänslighet, dels till att betongens jämviktsfuktkurva har ett visst temperaturberoende.



Figur 6.1 Borrhålsmätning med Humi-Guard kvarsittande givare [2].

35 mätpunkter i 12 olika rum studerades i detta projekt. Mätpunkternas placering framgår av bilaga 5. RF på ekvivalent mätdjup, på halva plattjockleken samt på ytterligare ett djup registrerades i samtliga rum. Mätpunkterna skyddades under byggtiden med mineralull och ett lock av Plywood enligt figur 6.2.



Figur 6.2 Skydd av mätpunkter under byggtiden.

Trendmätning genom uttaget prov med Vaisala-givare

Även denna mätning utfördes enligt RBK-manualen "Fuktmätning i betong"[2]. Mätningen innebar att man tog ut små betongbitar från önskat djup i konstruktionen. Bitarna fuktisolerades och togs direkt till LTH:s laboratorium för RF-bestämning i stabilt klimat. Fuktgivare av typ Vaisala användes. Enligt projektbeskrivningen skulle uttaget prov enbart utföras där elslingor används. Det genomfördes dock betydligt fler mätningar eftersom det ansågs vara viktigt att jämföra med mätresultat från kvarsittande givare, Humi-Guard.

Slutmätningar genom uttaget prov med Protimeter-givare

Slutmätningen i projektet utfördes av RBK-auktoriserad fuktkontrollant. Av kontrollanten uttagna prov sändes av kontrollanten till auktoriserat laboratorium för RF-bestämning med RF-givare av typ Protimeter. Slutmätningen omfattade 13 mätpunkter placerade enl. bilaga 6.

7. Resultat

7.1 Betonggjutning

Betonggjutningarna påbörjades i slutet av september 2001 med gjutning av källare och källarbjälklag. Bottenplattan göts 1 vecka därefter och bjälklaget ytterligare 2 veckor senare. Förbindelsegången göts i slutet av oktober, dvs. ca 5 veckor efter första gjutningen.

Samtliga voter och kantförstyvningar tillverkades med betong K 60, se figur 7.1. Dessa göts normalt en dag innan bottenplattan. Orsaken till den högre betongkvaliteten är att det inte är realistiskt att klara beställarens RF-krav vid användning av normal betongkvalitet.



Figur 7.1 Gjutning av voter och kantförstyvningar i betong K 60

I tabell 7.1 redovisas gjutdatum och klimat för de olika gjutetapperna. Gjutetappens position framgår av Bilaga 2. Uppgifterna i tabellen baseras på dagbok som fördes på bygget av arbetsledningen.

Tabell 7.1. Gjutdatum och klimat i samband med gjutning

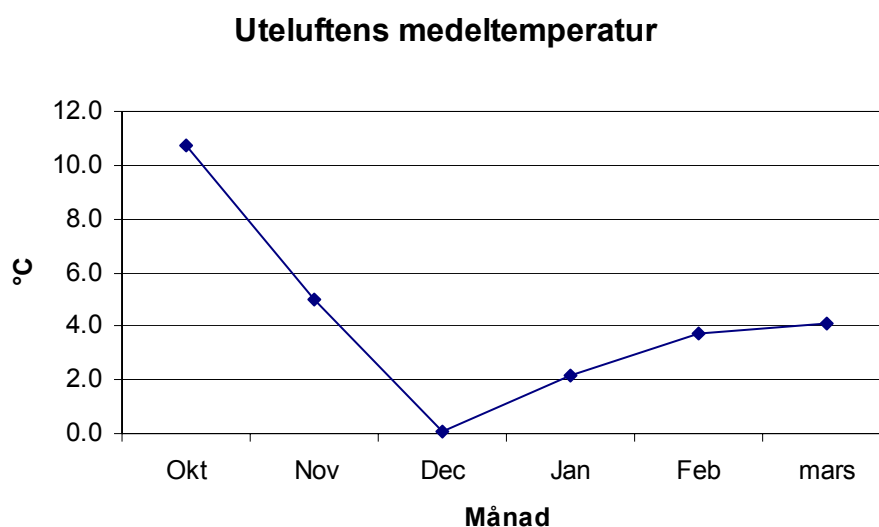
Konstruktionsdel	Gjutetapp	Gjutdatum	Temperatur	Nederbörd
Källarbjälklag	A-B	2001-09-26	12°C	-
Bottenplatta	K-M	2001-10-01	15°C	25 mm
Bottenplatta	F-H	2001-10-03	14°C	20 mm
Bottenplatta	B-D	2001-10-05	13°C	-
Bottenplatta	H-K	2001-10-08	12°C	-
Bottenplatta	D-F	2001-10-09	13°C	-
Bottenplatta	A-B	2001-10-09	13°C	-
Mellanbjälklag	H-M	2001-10-19	12°C	-
Mellanbjälklag	D-H	2001-10-26	11°C	-
Mellanbjälklag	A-D	2001-11-01	10°C	-
Förbindelsegång	Del 1	2001-10-22	10°C	-
Förbindelsegång	Del 2	2001-10-29	11°C	1 mm

Den nederbörd som redovisas i tabellen gäller i samband med gjutning eller under natten före gjuttillfället. Ett kraftigt regnande i början av oktober innebar att markisoleringen var mycket blöt i samband med gjutningen av de första etapperna av bottenplattan.

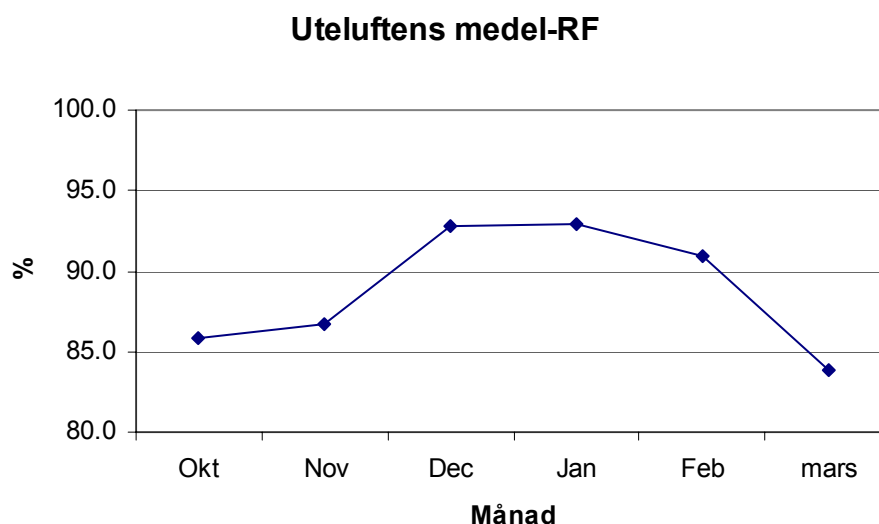
7.2 Torkklimat

Utomhusklimatet

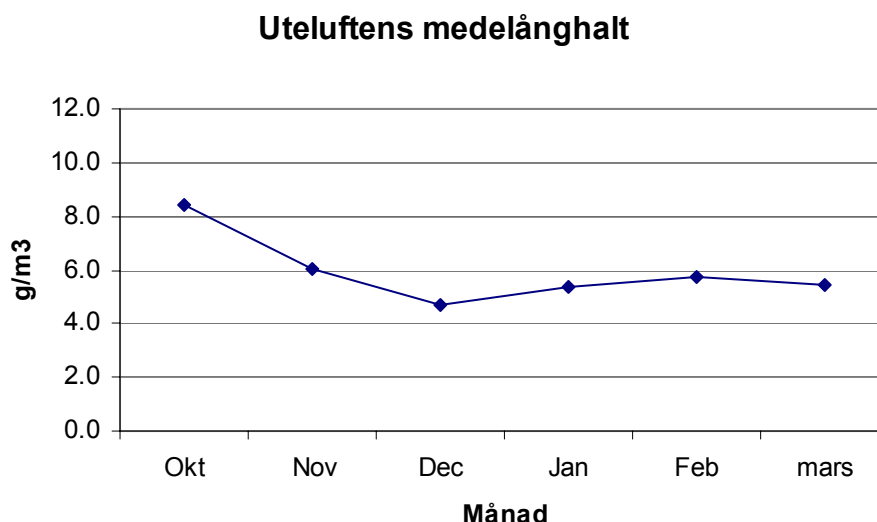
Uteluftens temperatur, relativa fuktighet och ånghalt registrerades från mitten av oktober till mitten av mars. Resultatet av loggningen presenteras som månadsmedelvärden i figur 7.2.-7.4. Noggrannheten i denna mätning var $\pm 3\%$ RF och $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$.



Figur 7.2. Månadsmedeltemperatur utomhus



Figur 7.3. Månadsmedel-RF utomhus



Figur 7.4 Månadsmedelånghalten utomhus

I bilaga 7 presenteras samtliga klimatdata för utomhusluften i form av grafer.

Tätt hus

Målsättningen i uttorkningsprojektet var att erhålla ett provisoriskt tätt hus så tidigt som möjligt. Genom att klä in ytterväggarna på långsidorna med plast och använda mellanbjälklaget som tak hoppades man kunna skydda bottenplattan från nederbörd. Det visade sig dock att det läckte in vatten via installationsschakt i bjälklaget och via ytterväggarna så fort det regnade ute. Förbättringar gjordes under tiden men helt regnskyddad blev inte bottenplattan förrän yttertaket var på, ca 12 veckor efter första gjutningen, dvs i mitten av december 2001.

Nedan redovisade teoretiska uttorkningsberäkningar med TorkaS 2.0 kommer därför att baseras på att tätt hus erhöles då yttertaket var tätt, d v s i mitten av december.

Styrt torkklimat

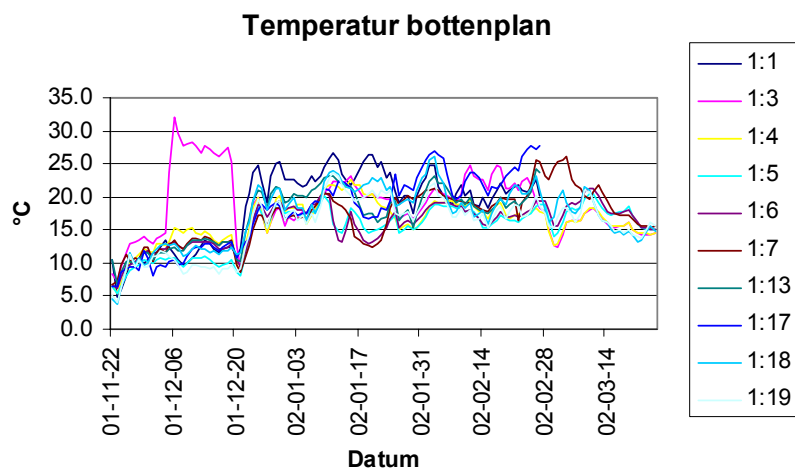
Den provisoriska plastinklädningen av väggarna gav en dålig värmeisolering. Detta innebar att inomhustemperaturen var starkt påverkad av utomhusklimatet eftersom värmning saknades inne i huset. Först när sorptionsavfuktarna var på plats fick man ett gynnsamt inomhusklimat. De permanenta glaspartierna som monterades på bottenplan i mitten av januari och på plan 2 i mitten av februari gav ytterligare positiv effekt.

Inomhusklimatet

Temperatur och RF hos inneluften registrerades i hotellbyggnaden via 12 st givare. Noggrannheten hos dessa givare var $\pm 5\%$ RF och $\pm 0,7^\circ\text{C}$. 10 givare var placerade på bottenplanet och 2 var placerade på plan 2. Följande figurer redovisar hur temperatur, RF och ånghalt varierade över tiden i hotellbyggnaden. Kurvorna redovisar dygnsmedelvärden. I bilaga 8 redovisas klimatdata från varje enskild givare.

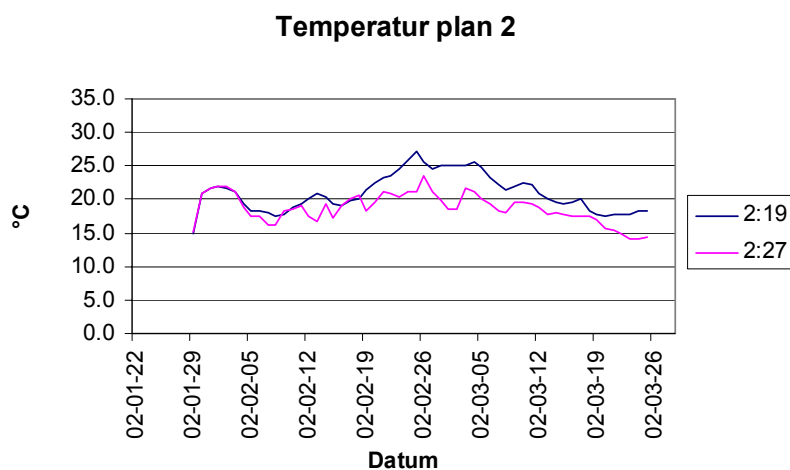
- **Temperatur**

Registrering av inomhusluftens temperatur ger värdefull information för att kunna bedöma betongens uttorkning. Det ger också information om arbetsmiljön.



Figur 7.5 Dygnsmedeltemperaturer på bottenplanet

Figur 7.5 visar tydligt att tätt hus erhöles på bottenplanet i slutet av december. Den höga temperaturen i rum 1:3 under december berodde på att värmeflärkten var placerad i detta rum. Värmeflärkten flyttades ut i korridoren när tätt hus erhöles. Temperaturen varierade mellan +15°C och 25°C efter att tätt hus erhöles.

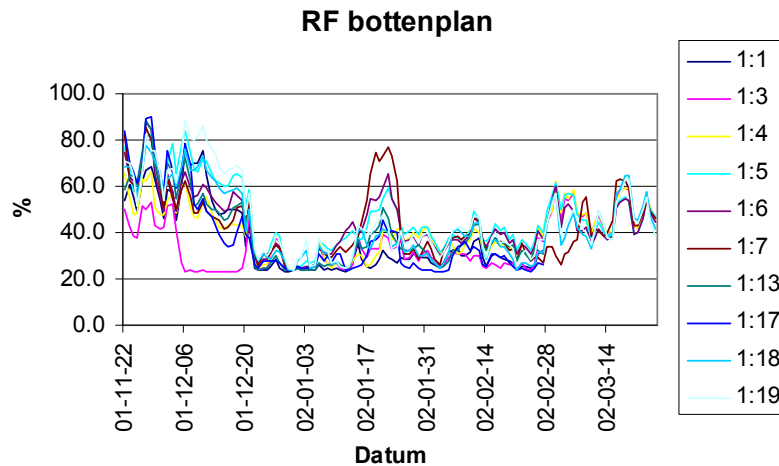


Figur 7.6 Dygnsmedeltemperaturer på plan 2

Klimatet på plan 2 började registreras i samband med att ytterväggar och yttertak monterats. Temperaturen varierade mellan +15°C och 25°C.

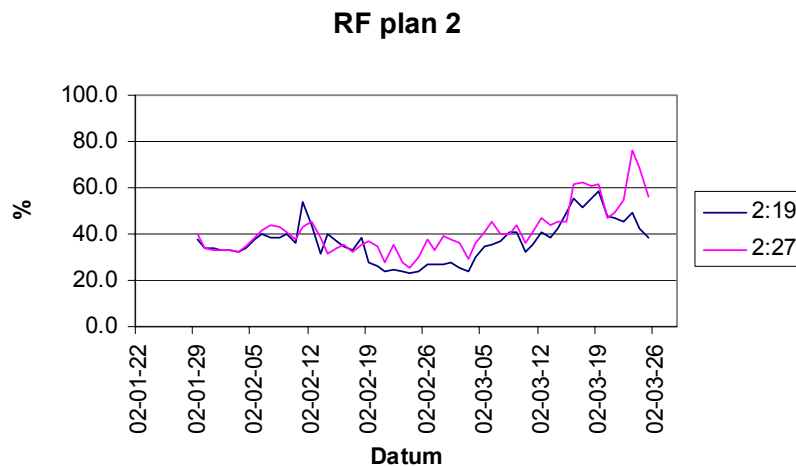
- **Relativ fuktighet**

Registrering av RF ger information om kondensrisk, arbetsmiljö samt uttorkningsklimat.



Figur 7.7 Dygnsmedel-RF på bottenplanet

Figur 7.7 visar att den relativa fuktigheten på bottenplanet var mycket låg efter man fått huset tätt och temperaturen ökat. Ökningen av RF i mitten av januari kan förklaras med ett fukttillskott pga. Målningsarbeten. Ökningen i mars beror på fukttillskott i samband med golvavjämning.

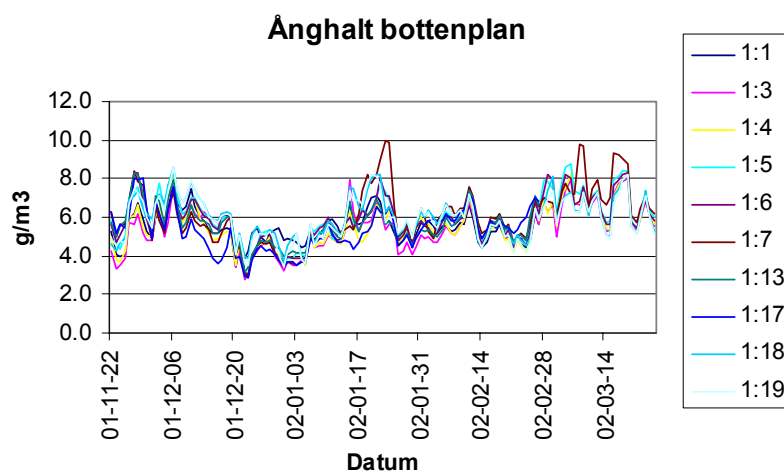


Figur 7.8 Dygnsmedel-RF på plan 2

Även på plan 2 har RF varit lågt under byggtiden. De RF ökningarna som förekommer kan förklaras med fukttillskott i samband med målning och golvavjämning.

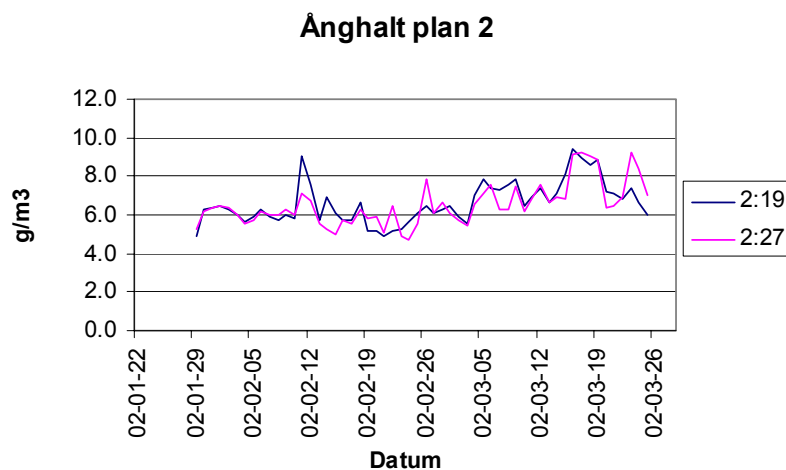
- Ånghalt

Genom att jämföra ånghalten utomhus och inomhus kan man bestämma fukttillskottet inomhus. Ånghalten har stor betydelse för betongens uttorkning eftersom det är ånghaltsskillnaden mellan betong och omgivande luft som driver ångtransporten.



Figur 7.9 Dygnsmedelånghalt bottenplan

Efter att tätt hus erhöles så var ånghalten inomhus ungefär lika med ånghalten i utomhusluften. Detta visar att sorptionsavfuktningen tog hand om fukttillskottet. Vissa stora fukttillskott i samband med målning och golvavjämning har dock inte kunnat avfuktas.



Figur 7.10 Dygnsmedelånghalt på plan 2

Ånghalten på plan 2 ligger generellt något högre än på bottenplanet. Detta förklaras med att endast en sorptionsavfuktare fanns på plan 2. På bottenplanet fanns två avfuktare.

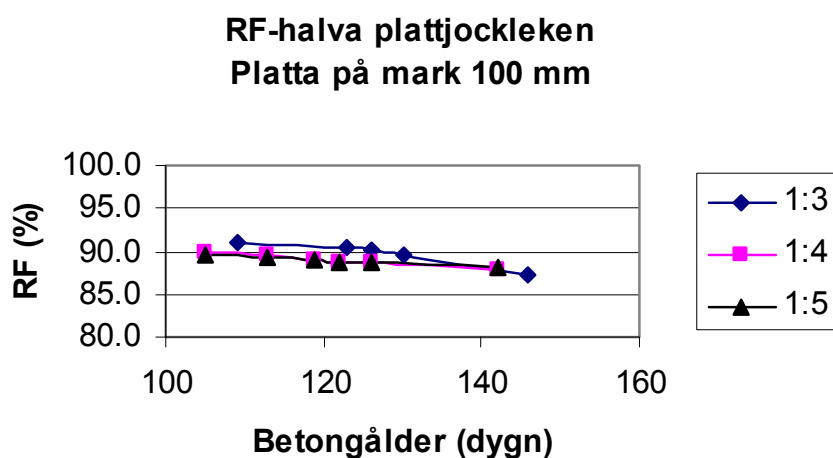
7.3 Fuktmätning i betong

Resultat av trendmätningar med kvarsittande givare

Nedan presenteras mätresultat från Humi-Guard mätningar uppdelade efter de olika golvkonstruktionerna. Resultaten som presenteras gäller halva plattjockleken och är ej justerade med avseende på mätosäkerhet, dvs. det är avlästa värden som anges. Värdena är justerade till +20°C.

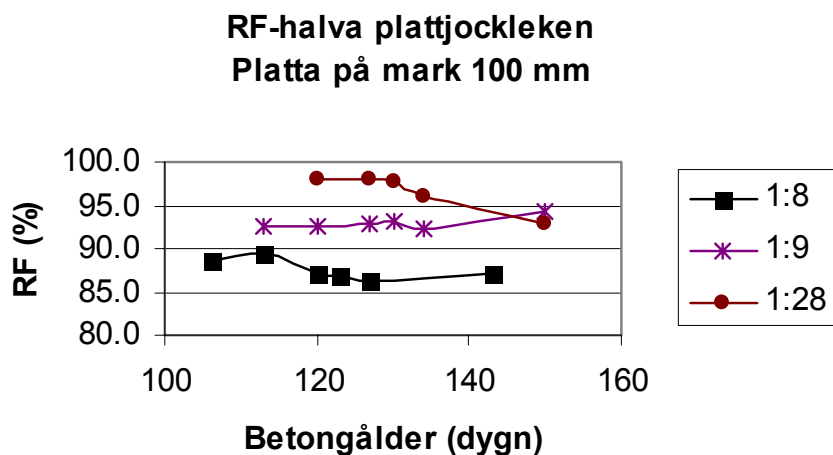
Samtliga mätdata för temperatur och RF finns redovisade i bilaga 8.

- **Platta på mark 100 mm**



Figur 7.11 Uppmätt RF på halva plattjockleken i rum 1:3, 1:4 och 1:5.

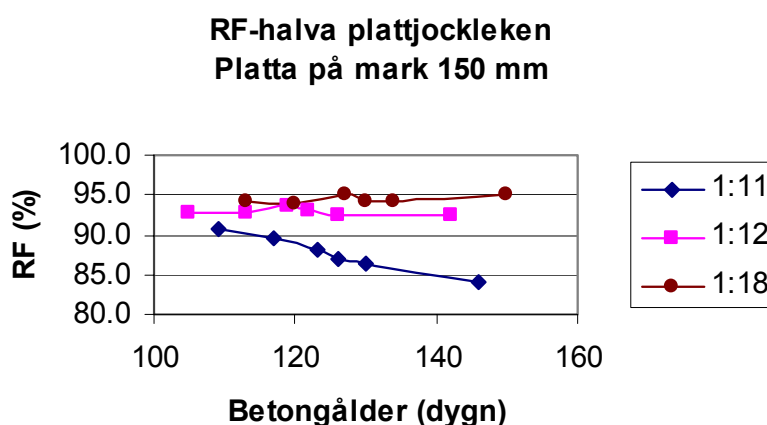
Resultaten i figur 7.11 visar uttorkningen i de golv där HP-torkning använts. Det ser inte ut att spela någon roll om man startar HP-torkningen direkt efter gjutning (rum 1:5) eller i samband med tätt hus.



Figur 7.12 Uppmätt RF på halva plattjockleken i rum 1:8, 1:9 och 1:28.

Betongplattan i rum 1:28 börjar inte torka ut förrän man börjat värma plattan med infravärme. Detta beror på att betongen göts på en fuktig mineralullsisolering som förhindrade uttorkningen. Mätpunkten i rum 1:9 är placerad över kantförstyvningen. Uppmätt RF ligger på en jämn nivå tills betongen värms med infravärme. Då ökar RF i betongen. I rum 1:8 värms betongen med värmeslinga. Här sker en snabb uttorkning som ligger i närheten av målvärdet 85 % RF. Även i detta fall ökar uppmätt RF då temperaturen ökar.

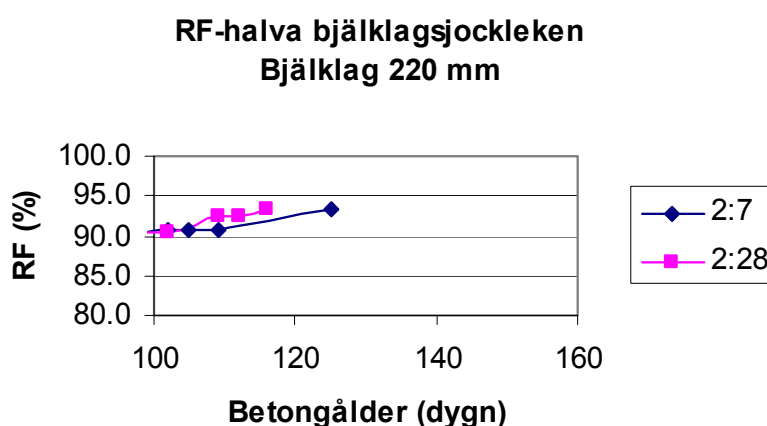
- **Platta på mark 150 mm**



Figur 7.13 Uppmätt RF på halva plattjockleken i rum 1:11, 1:12 och 1:18.

I mätpunkterna i 1:11 och 1:12 borde uttorkningsförloppet ha varit lika eftersom båda betongplattorna haft HP-torkning som startats samtidigt. I mätpunkt 1:18 sker enligt mätningarna ingen uttorkning. Detta kan förklaras med att betongen gjutits på en fuktig mineralullsisolering.

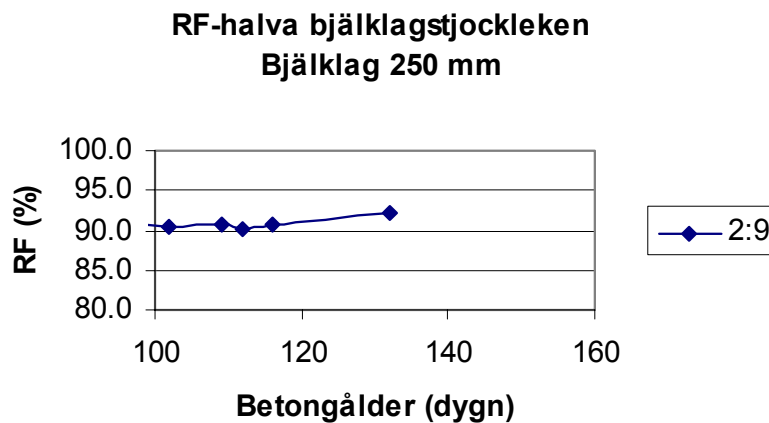
- **Bjälklag 220 mm**



Figur 7.14 Uppmätt RF på halva bjälklagstjockleken i rum 2:7 och 2:28.

Mätningarna i 2:7 och 2:28 visar båda ett ologiskt beteende, där RF ökar med tiden. Även här kan detta kopplas till en temperaturhöjning i betongen. Betong med vct 0,38 borde ha en snabbare uttorkning än vad mätningarna med Humi-Guard visar.

- Bjälklag 250 mm



Figur 7.15 Uppmätt RF på halva bjälklagstjockleken i rum 2:9.

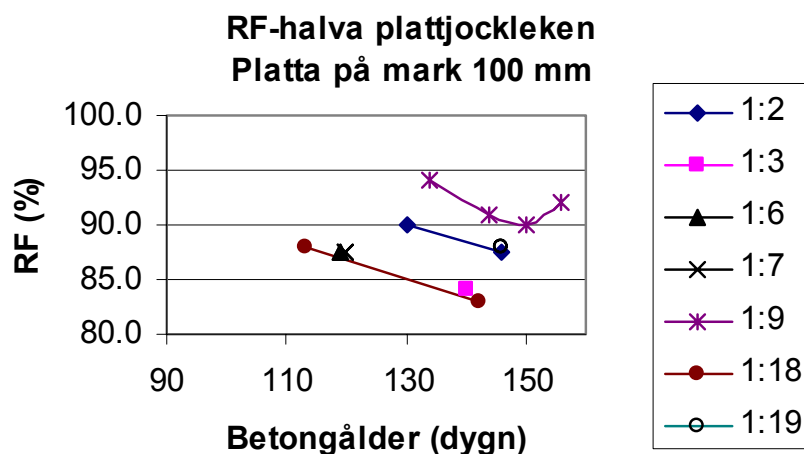
Även i mätpunkt 2:9 sker en ökning av RF med tiden som kan kopplas till en temperaturhöjning i betong.

Resultat av trendmätningar – uttaget prov

Nedan presenteras mätresultat från RF-mätningar på uttaget prov, se kapitel 6.2, uppdelat efter de olika golvkonstruktionerna. Resultaten som presenteras gäller halva plattjockleken och är inte justerade med avseende på mätosäkerhet

Samtliga mätdata för RF finns i tabellform redovisade i bilaga 9.

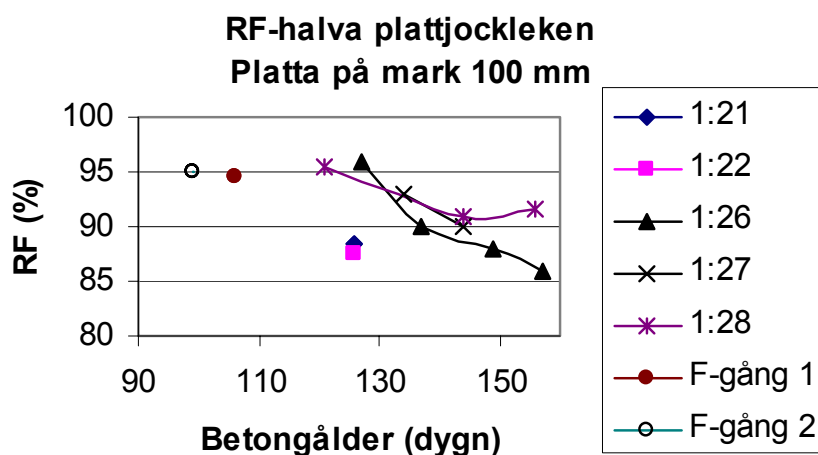
- Platta på mark 100 mm



Figur 7.16 Uppmätt RF på halva plattjockleken i rum 1:2,3,6,7,9,18 och 19.

De mätningar som utförts i betong som värmts med värmeslinga visar en snabb uttorkning. Undantaget är mätpunkt 1:19 som torkar långsammare. Detta förklaras med att värmeslingan i 1:19 enbart var i drift under natten.

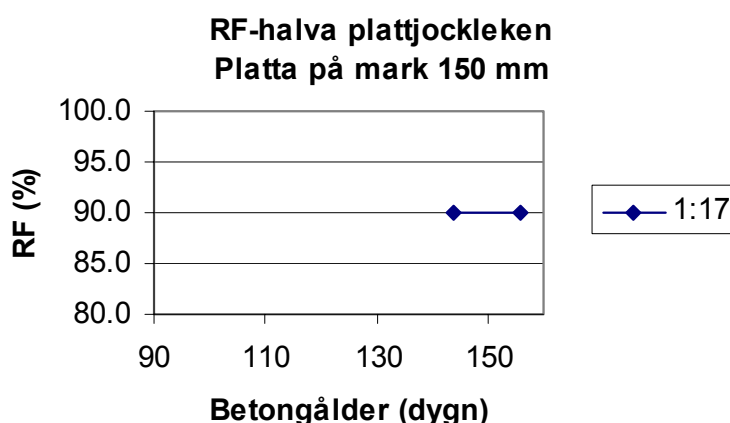
Den goda uttorkningen i 1:3 kan bero på att betongen värmts med infravärme under 10 dagar före fuktmätningen. Det som skiljer 1:2 och 1:9 är att den sistnämnda göts på fuktig mineralull. Detta förklarar skillnaden i RF vid den första mätningen. 1:9 har därefter torkats med infravärme vilket förklarar den något snabbare uttorkningen. Varför RF ökat vid sista mätningen är oklart.



Figur 7.17 Uppmätt RF på halva plattjockleken i rum 1:21,22,26,27,28 samt förbindelsegång.

1:26-28 visar samtliga att infravärme påskyndar uttorkningen. Det höga RF-värdet vid första mättillfället förklaras med att markisoleringen varit fuktig i samband med betonggjutningen. HP-torkningen i 1:21-22 visar återigen att det inte ger snabbare uttorkning att starta metoden direkt efter gjutning. De två mätningarna i förbindelsegången visar att betongen torkat lika långsamt i olika delar av plattan.

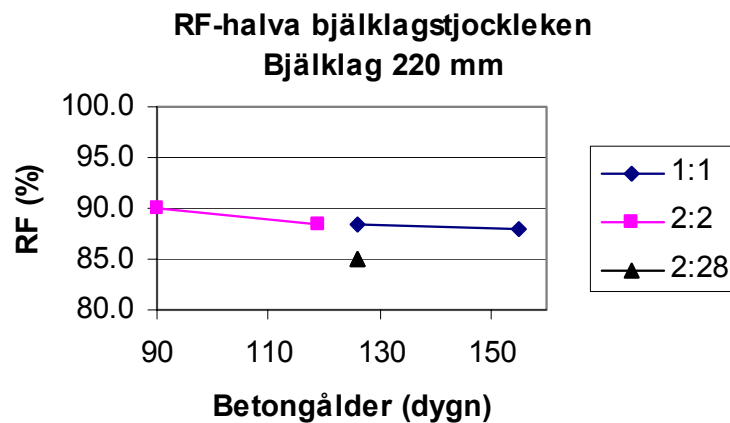
- **Platta på mark 150 mm**



Figur 7.18 Uppmätt RF på halva plattjockleken i rum 1:17.

Den del av korridoren som gjutits på fuktig markisolering (1:17) har inte torkat på ett tillfredställande sätt. Infravärmare kunde inte användas på denna del av plattan på grund av framkomligheten i byggnaden.

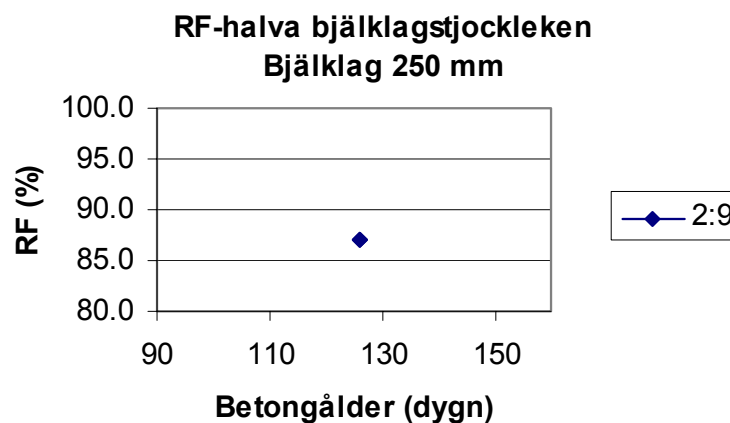
- Bjälklag 220 mm



Figur 7.19 Uppmätt RF på halva bjälklagstjockleken i rum 1:1, 2:2 och 2:28.

Bjälklagen med värmeslingor torkar på ett likartat sätt. Bjälklaget med betong (vct 0,38) torkar dock snabbare.

- Bjälklag 250 mm



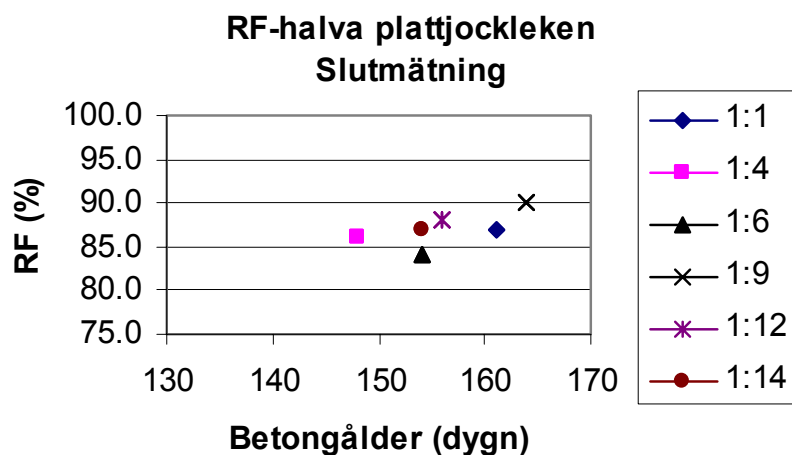
Figur 7.20 Uppmätt RF på halva bjälklagstjockleken i rum 2:9.

Även det tjockare bjälklaget torkar snabbt.

Resultat av slutmätningar – uttaget prov

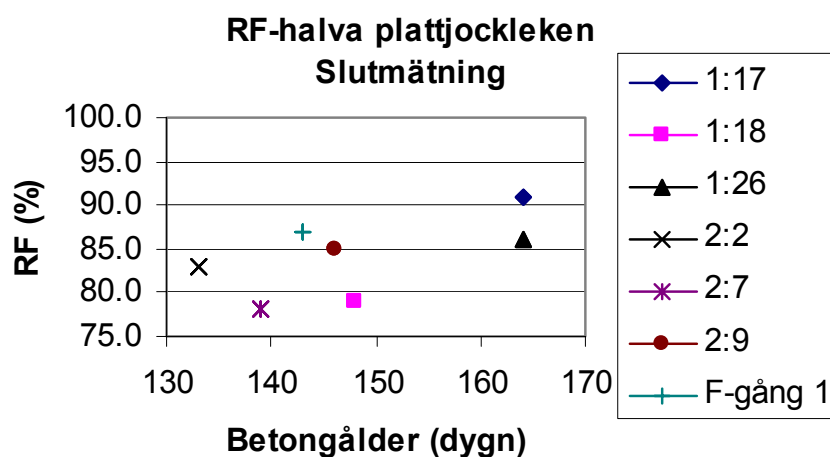
Nedan presenteras mätresultat från slutmätningen av RF på uttaget prov, se kapitel 6.2, utfört av RBK-auktoriseraad fuktkontrollant. Resultaten som presenteras gäller halva plattjockleken och är inte justerade med avseende på mätosäkerhet

Resultaten av slutmätningen finns också mera överskådligt redovisade i bilaga 10.



Figur 7.21 Uppmätt RF i samband med slutmätning på halva bjälklagstjockleken i rum 1:1, 1:4, 1:6, 1:9, 1:12 och 1:14.

Av resultaten i figur 7.21 är det enbart betongplattan på 100 mm med värmeslingor som når det uppsatta kravet 85 % RF på halva plattjockleken. Övriga ligger dock mellan 85 – 90 % RF



Figur 7.22 Uppmätt RF i samband med slutmätning på halva bjälklagstjockleken i rum 1:17, 1:18, 1:26, 2:2, 2:7, 2:9 och förbindelsegången.

Betongen med värmeslingor och betongen med lågt vct uppnår båda det uppsatta kravet. Sämst uttorkning visar mätpunkten i korridoren som gjutits på den blöta markisoleringen.

8. Jämförelse mellan uppmätta resultat och simuleringsresultat från TorkaS 2.0

Uppmätta klimatdata ligger till grund för de simuleringar som gjorts med TorkaS 2.0. Simuleringar med TorkaS 2.0 har inte varit möjliga där elslingor eller HP-torkning använts för att torka betongen. Samtliga TorkaS 2.0-simuleringar redovisas i bilaga 13. Samtliga redovisade mätresultat är mätta med metoden uttaget prov. Mätosäkerhet inkluderas inte i mätresultaten. Observera att mätdjupen varierar för de resultat som presenteras i detta kapitel. TorkaS 2.0 redovisar RF på det ekvivalenta djupet, medan de flesta av de verkliga mätningarna utförts på halva plattjockleken.

8.1 Platta på mark

Tabell 8.1 visar jämförelser av uppmätta resultat och resultat som erhållits genom simuleringar med TorkaS 2.0.

Tabell 8.1 Platta på mark, 100 mm betong + underliggande mineralull

Mätpunkt	Mätddatum	Uppmätt resultat 50 % mätdjup	Simulerat resultat 40 % mätdjup	Skillnad Verklig-beräknad
1:9	2002-02-11	94	89	+5
	2002-02-21	91	88	+3
	2002-02-27	90	88	+2
	2002-03-05	92	87	+5
	2002-03-13*	90	86	+4
1:26	2002-02-11	96	89	+7
	2002-02-21	90	88	+2
	2002-03-05	88	87	+1
	2002-03-13*	86	86	0

* Slutmätning

De uppmätta resultaten ligger generellt högre än de simulerade. Detta kan till viss del förklaras med skillnaden i mätdjup. En annan förklaring är att dessa delar av bottenplattan är gjutna på den blöta mineralullen.

Den snabba uttorkningen i rum 1:26 jämfört med beräknat värde kan förklaras med att både HP-torkning och infravärme användes för att forcera uttorkningen den sista månaden, se bilaga 12. I rum 1:9 användes enbart infravärme för att påskynda uttorkningen.

Det regnade kraftigt i samband med gjutningen av bottenplattan till rum 1:9 samt 1:26. Enligt manualen till TorkaS 2.0 så skall detta beaktas genom att välja konstruktionstypen platta på mark med underliggande fuktspärr. Tabell 8.2 visar resultaten som erhöles med den nya förutsättningen.

Tabell 8.2 Platta på mark, 100 mm betong + underliggande fuktspärr

Mätpunkt	Mätddatum	Uppmätt resultat 50 % mätdjup	Simulerat resultat 40 % mätdjup	Skillnad Verklig-beräknad
1:9	2002-02-11	94	90	+4
	2002-02-21	91	90	+1
	2002-02-27	90	89	+1
	2002-03-05	92	89	+3
	2002-03-13*	90	89	+1
1:26	2002-02-11	96	90	+6
	2002-02-21	90	90	0
	2002-03-05	88	89	-1
	2002-03-13*	86	89	-3

* Slutmätning

Tabell 8.2 visar att TorkaS 2.0 underskattar den negativa effekten av att gjuta på en blöt mineralull. Fuktspärren under plattan har en viss hämmande effekt på den simulerade uttorkningen. Den negativa inverkan som den fuktiga markisoleringen ger är dock större i verkligheten. Simuleringen ger dock ett mer rättvisande resultat efter att man startat infravärmningen.

Motsvarande jämförelser har gjorts för mätpunkt 1:17. Även denna del av plattan göts när det regnade. Tabell 8.3 samt 8.4 visar resultaten av denna jämförelse.

Tabell 8.3 Platta på mark, 150 mm betong + underliggande mineralull

Mätpunkt	Mätddatum	Uppmätt resultat 50 % mätdjup	Simulerat resultat 40 % mätdjup	Skillnad Verklig-beräknad
1:17	2002-02-21	90	90	0
	2002-03-05	90	89	+1
	2002-03-13*	91	88	+3

* Slutmätning

Tabell 8.4 Platta på mark, 150 mm betong + underliggande fuktspärr

Mätpunkt	Mätddatum	Uppmätt resultat 50 % mätdjup	Simulerat resultat 40 % mätdjup	Skillnad Verklig-beräknad
1:17	2002-02-21	90	90	0
	2002-03-05	90	90	0
	2002-03-13*	91	89	+2

* Slutmätning

De uppmätta resultaten stämmer väl överens med de simulerade, både i tabell 8.3 och 8.4. Den första mätningen i punkt 1:17 genom uttaget prov utfördes dock 10 dagar efter att torkningen med infravärme startats. Det kan förklara att man inte ser den stora avvikelse som ses i mätpunkterna 1:9 och 1:26.

8.2 Mellanbjälklag

Mellanbjälklaget som göts med betong vct 0,38 har också jämförts med TorkaS 2.0. Resultaten av denna jämförelse visas i tabell 8.5 och 8.6. Observera att mätdjupen varierar.

Tabell 8.5 Mellanbjälklag 40 + 180 mm betong

Mätpunkt	Mätddatum	Uppmätt resultat 50 % mätdjup	Simulerat resultat 25 % mätdjup	Skillnad Verklig-beräknad
2:28	2002-02-21	85	87	-2
2:7	2002-03-13*	78	86	-8

* Slutmätning

Trots att mätningarna utförts på halva plattjockleken så är den relativa fuktigheten lägre än för de simulerade resultaten på ekvivalent djup. Detta tyder på att TorkaS 2.0 underskattar uttorkningen hos betong med lågt vct.

Tabell 8.6 Mellanbjälklag 40 + 210 mm betong

Mätpunkt	Mätddatum	Uppmätt resultat 50 % mätdjup	Simulerat resultat 25 % mätdjup	Skillnad Verklig-beräknad
2:9	2002-02-21	87	87	0
2:9	2002-03-13*	85	86	-1

* Slutmätning

De uppmätta resultaten på 50 % djup stämmer här väl överens med de simulerade resultaten på 25 % djup. Även detta tyder på att TorkaS 2.0 underskattar uttorkningen hos betong med lågt vct.

9. Slutsatser

9.1 Generellt

Den genomförda uttorkningsundersökningen är troligen den största fältundersökning av inverkan av olika torkmetoder för betong som genomförts. Det har varit möjligt att jämföra olika metoder att påskynda betongs uttorkning. Det har också varit möjligt att olika metoder att mäta fukt i betong. Datorprogram för förhandsbedömning av uttorkning i betong har kunnat kalibreras med verkliga mätdata. Projektet har därför tillfört mycket ny kunskap.

Som i alla fältundersökningar kan inte allt som sker på byggarbetsplatsen förutses. Klimatförhållandena blir inte vad man önskat eller förutspått, byggtiderna följer inte planen etc. Trots detta har mycket värdefull information kommit fram från försöket. Det mest betydelsefulla är att det visat sig vara möjligt att nå låg RF-nivå i betongen trots svåra klimatförhållanden. Detta har varit möjligt genom användning av hög betongkvalitet eller genom värmning av betongen.

Visserligen har inte beställarens krav på 85 % RF i mitten av plattan uppfyllts i alla mätpunkter, men värdet har där endast överskridits med ett par procentenheter. Det måste påpekas att det uppställda kravet att RF skall mätas på halva plattjockleken är mycket hårt och på säkra sidan. Golvläggning kunde därför ske utan att riskera skador på golvmaterialen.

De följande avsnitten diskuterar de olika resultaten något mera i detalj.

9.2 Uttorkningsmetoder

Ökad betongkvalitet

Jämfört med de andra uttorkningsmetoderna så ger en betong med vct 0,38 en snabb uttorkning. Detta noteras framförallt när RF-mätningen gjordes på uttaget prov, den mätmetod som borde ge säkrast resultat.

Användning av betong med lågt vct skapar trygghet för produktionsledningen eftersom den ej fordrar tillsyn och merarbete vilket de andra provade uttorkningsmetoderna gör.

Produktionsledningens tidigare erfarenheter av betong med lågt vct var att den var svårgjuten. Detta beror på att denna typ av betong ofta har en kletigare konsistens än normal husbyggnadsbetong. Betongen som levererades till Järvallen upplevdes dock av yrkesarbetarna som oväntat lättarbetad. Detta förklaras av att betongen hade en god sammansättning samt att det gavs bra information till yrkesarbetarna före gjutningen.

Värmning med elslinga

Mätningarna visar på snabb uttorkning vid användning av elslinga. Värmen som avges av betongen ger också en gynnsam påverkan på inomhusklimatet.

Risken med att använda elslingor är att de skadas vid gjutningen eller under byggtiden t ex. i samband med håltagningar i betongen. I det aktuella projektet förstördes flera slingor.

Produktionsledningen ansåg att man fick lägga mycket tid och kraft på att kontrollera slingornas funktion, eftersom elsäkringar löste ut vid ett flertal tillfällen.

För att lokalisera elslingorna när de var ingjutna gjordes en termografering med hjälp av värmekamera. Denna termografering fungerade mycket bra. Man kunde därför undvika att skada värmeslingorna i samband med håltagning för fuktmätningen.

HP-torkning

HP-torkningen gav ett visst positivt bidrag till uttorkningen av bottenplattan. Systemet bör dock utvecklas vidare för att effekten skall bli ännu större. Det visade sig att luftläckaget till omgivande mark var betydande.

HP-torkning värmer marken. Man kan därför få ett fuktflöde från fuktig varm mark upp i plattan när systemet stängs av. Genom att blåsa in kall luft under plattan innan man avslutar torkningen bör man kunna undvika detta problem.

Sorptionsavfuktning

Kombinationen av värmebläkt och sorptionsavfuktare gav ett gynnsamt uttorkningsklimat. Inomhusluftens ånghalt kunde därvid hållas på ungefär samma nivå som uteluftens. Det fukttillskott som kom från betongen togs omhand av sorptionsavfuktaren. Därmed minskade man även risken för kondensbildning på kalla byggnadsdelar såsom yttertakskonstruktionen.

Nackdelen med avfuktningen var att man skapade en arbetsmiljö med mycket torr luft (låg RF). Detta uppfattades som irriterande av vissa arbetare.

Torkning med infravärme

Uttorkningsresultaten tyder på att infravärmarna hade en positiv effekt på uttorkningen. Betongtemperaturen höjdes kraftigt vilket gav upphov till en stor fuktutdrivande ångtryckspotential.

Infravärmarna värmer en ganska begränsad yta (ca 2m²). Detta innebar att de fick flyttas med jämna mellanrum. På så sätt skapades merarbete. En annan negativ effekt var att de var i vägen och störde byggnadsarbete i lokalen.

9.3 Fuktmätning

Borrhålsmätning med kvarsittande givare

Resultaten från mätningarna med Humi-Guard givarna har inte varit tillfredsställande. Det verkar som om enstaka avläsningar ger felaktiga resultat när temperaturvariationerna i betongen är stora. Loggning av mätningarna vilket hade gett möjlighet till medelvärdesbildning under längre tid hade kanske givit mer riktiga mätvärden.

RF-mätning genom uttaget prov

Uttaget prov har i de flesta fall givit trovärdiga resultat. Spridningen i uppmätt RF har dock varit stor i betong med lågt vct. Orsaken till detta är oklar och bör undersökas vidare.

Metoden är tyvärr ganska tids och arbetskrävande och är således svår att använda om man kontinuerligt vill följa uttorkningen under en längre tid.

9.4 Jämförelser med TorkaS 2.0

De simuleringar som gjorts i TorkaS 2.0 med de verkliga uttorkningstiderna och klimaten, visar att TorkaS stämmer ganska väl med uppmätta resultat. De största avvikelserna har observerats för betong med vct 0,38, där flertalet uppmätta resultat legat långt under de simulerade. Möjligen är inte TorkaS 2.0 tillämpligt för mycket högvärdiga betongtyper.

9.5 Övriga slutsatser

Regn i samband med gjutning av platta på mark med underliggande mineralullsisolering verkar fördröja uttorkningen mycket starkt, tydligen pga. att mineralullen tillhandahåller ett "vattenmagasin" till plattan. Detta fick i det aktuella projektet konsekvensen att man tvingades torka sådana "fuktskadade" delar av bottenplattan med hjälp av infravärmare.

10. Referenser

[1] Hedenblad G. Arfvidsson J. TorkaS 2.0 Dataprogram för bedömning av uttorkning av betongbjälklag. Fuktcentrum, LTH, 2002.

[2] Manual ”Fuktmätning i betong”, Sveriges Byggindustrier, Stockholm 2001.

Övriga referenser

Linné B. Utgenannt P. Uttorkning av betong – en fältstudie, Rapport TVBM-5029, Lund 1995

Hedenblad G. Uttorkning av byggfukt i betong – torktider och fuktmätning. Byggforskningsrådet 1995

Gränne F. Uttorkning av betongbjälklag – metoder för kortare uttorkningstid. Examensarbete nr 259, KTH 1996

Betong för sunda golv – fuktdimensionering, materialval, produktion. Betongrapport nr 6, Svenska betongföreningen, 1997

Flodén-Nilsson P. Kvalitetssäkring av fuktmätningar samt uttorkning av betong vid barnkliniken, Universitetssjukhuset, Lund. Examensarbete TVBM-5047, Lund 2001

Brunius P. Juthage C. Lundstedt J. Uttorkning av betongplatta på mark – fältmätningar, Chalmers Lindholmen, Göteborg 2001

Eriksson M. Karlsson J. Uttorkning av byggfukt i hus med betongstomme – en jämförelse mellan kondensavfuktning och värme-ventilation. Examensarbete TVBH-5051 Lund 2001

Ström B. Uttorkning av byggfukt i betongplatta med ingjuten värmekabel. NCC 2001

Mattsson E. Mätning och beräkning av uttorkningsförloppet för betongbjälklag med golvvärme. Examensarbete E-01:2, CTH 2001

Sjöberg A. Nilsson L-O. Rapp T. Fuktmätning i betonggolv med golvvärme. Publikation P-02:1, CTH 2002

Persson B. Golvsystem på betong – fuktpåverkan, kemisk emission och vidhäftning. Rapport TVBM-7165, Lund 2002

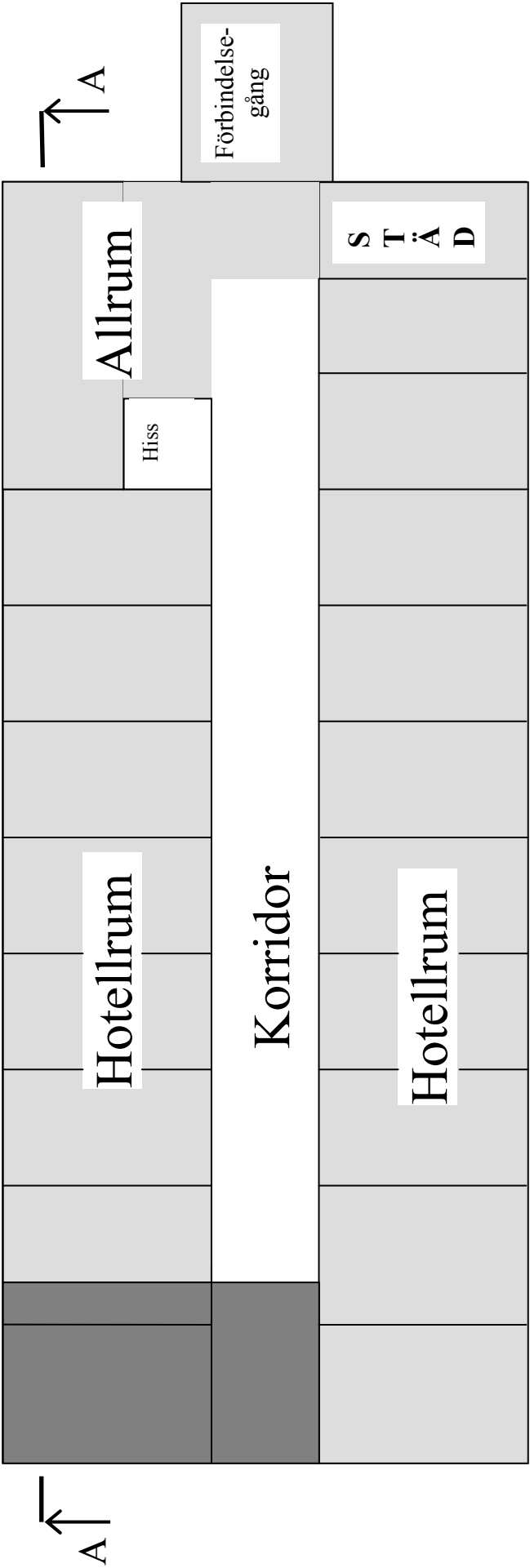
Salievski R. Uttorkning av prefabricerade bjälklag. Examensarbete TVBM-5052, Lund 2003

Abrahamsson A. Tammo K. Inverkan av regn och avjämningsmassa på platsgjuten betongs uttorkning. Examensarbete TVBM-5053, Lund 2003

Bilagor

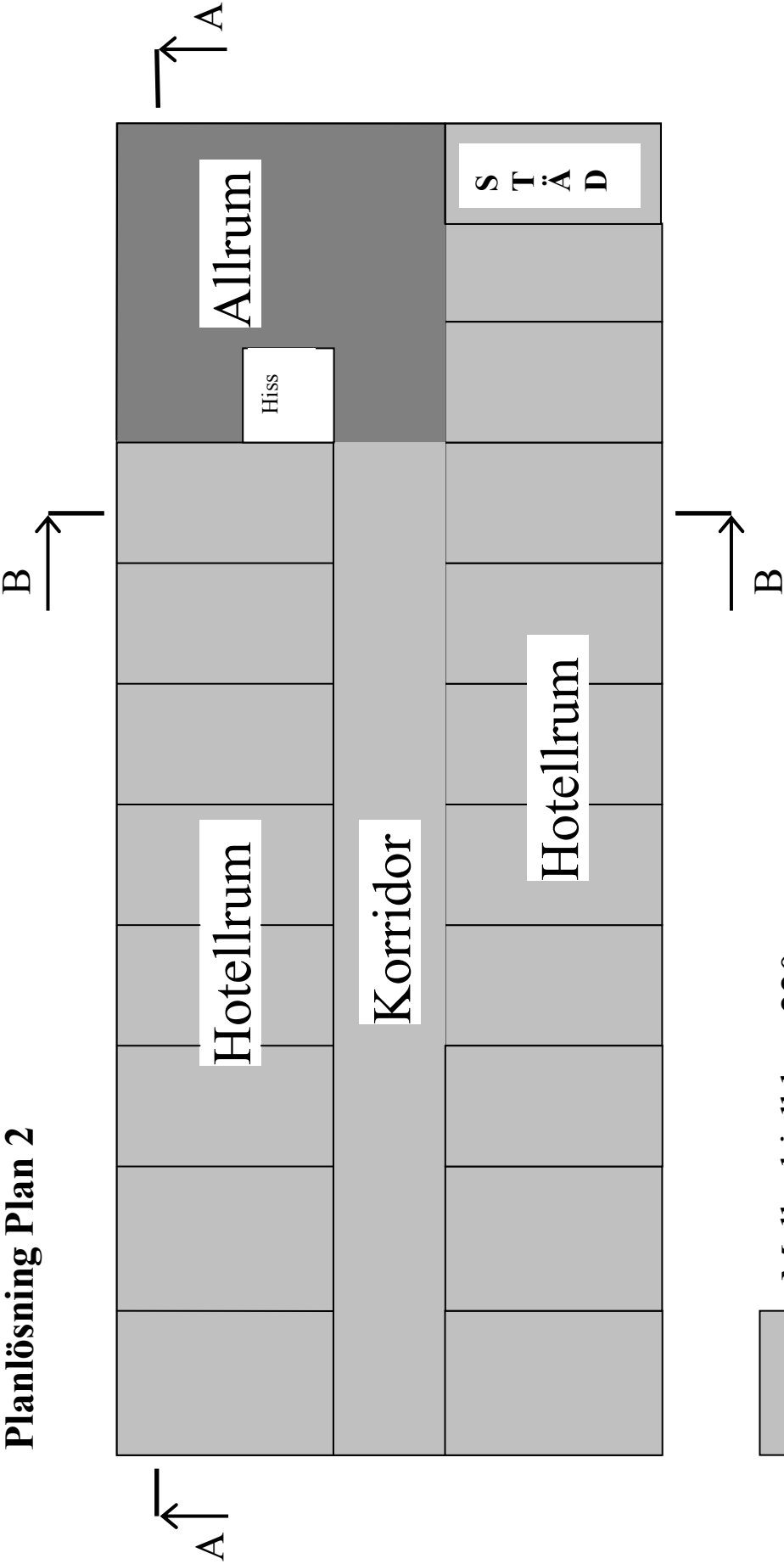
1. Plan och sektionsritning
2. Rumsnumrering
3. Betongrecept
4. Uttorkningssimuleringar med TorkaS 1.0
5. Placering av kvarsittande RF-givare
6. Mätpunkter för slutmätning
7. Uteklimatdata
8. Inneklimatdata
9. Mätresultat kvarsittande givare
10. Mätresultat uttaget prov
11. Resultat slutmätning
12. Sammanställning av uttorkningsmetoder
13. Uttorkningssimuleringar med TorkaS 2.0

Planlösning Bottenplan



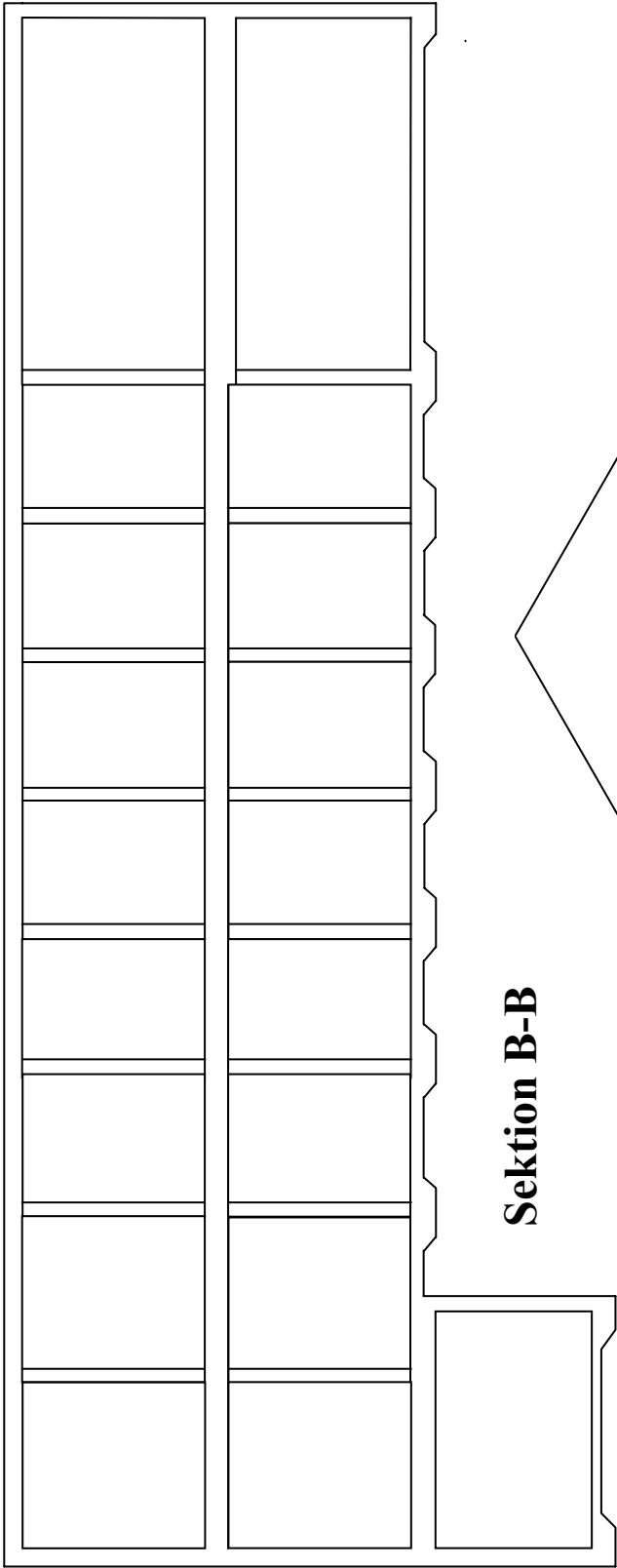
- Källarbjälklag, 220 mm
- Platta på mark, 100 mm
- Platta på mark, 150 mm

Planlösning Plan 2

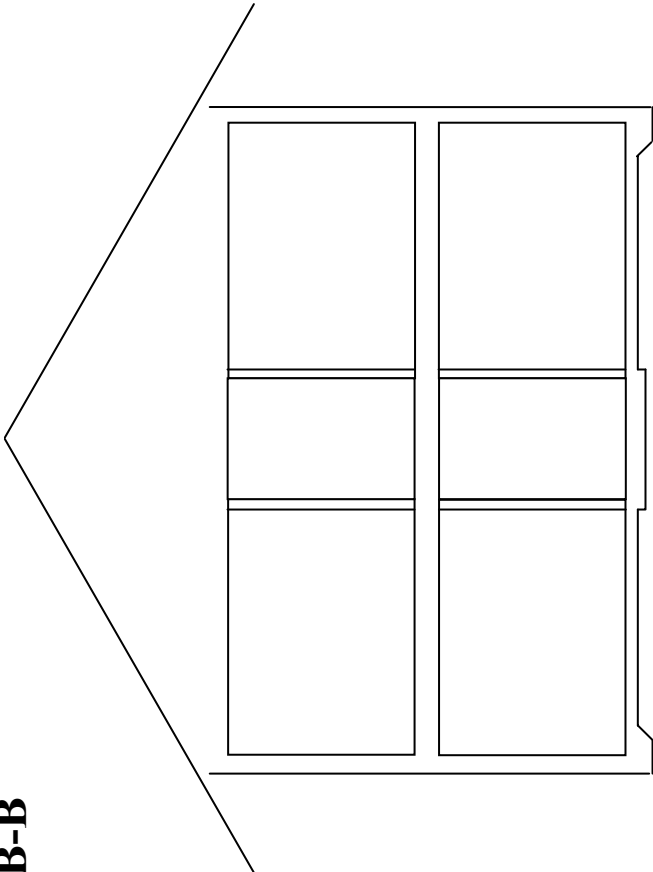


- Mellanbjälklag, 220 mm
- Mellanbjälklag, 250 mm

Sektion A-A



Sektion B-B



Rumsnumrering, Bottenplan. Använda torkmetoder

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
	1:1 K 45 El-uk	1:2 K 35	1:3 K 35 HP-1	1:4 K 35 HP-1	1:5 K 35 HP-2	1:6 K 35 El-m	1:7 K 35 El-uk	1:8 K 35 El-uk	1:9 K 35	F-gång K 45	
1:10 K 45		1:11 K 45 HP-1	1:12 K 45 HP-1	1:13 K 45 HP-2	1:14 K 45 El-m	1:15 K 45 El-uk	1:16 K 45 El-uk	1:17 K 45			
	1:18 K 35 El-m	1:19 K 35 El-m	1:20 K 35 HP-1	1:21 K 35 HP-1	1:22 K 35 HP-2	1:23 K 35 El-m	1:24 K 35 El-uk	1:25 K 35 El-uk	1:26 K 35	1:27 K 35	1:28 K 35

Plattjocklekar: 1:1 (källarbjällklag) = 220 mm ; 1:2 – 1:9 = 100 mm ; 1:10 – 1:17 (korridor) = 150 mm ;
1:18 – 1:28 + F-gång = 100 mm

Teckenförklaringar

- K 35

Betong med vct 0,62
- K 45

Betong med vct 0,50
- El-m

Elslingor placerade på halva betongtjockleken
- El-uk

Elslingor placerade i underkant på betongen
- HP-1

Varm torr luft blåses in under plattan, startas när tätt hus erhållits
- HP-2

Varm torr luft blåses in under plattan, startas snarast möjligt efter gjutning

Betongrecept Järavallen

Betongtyp

vct

K 35	K 45	K 60
0,62	0,50	0,38

Material

Slite Byggcement

Silikastoft

Vatten

Ballast

Grus 0-8

Sten 8-16

Flyttillsatsmedel

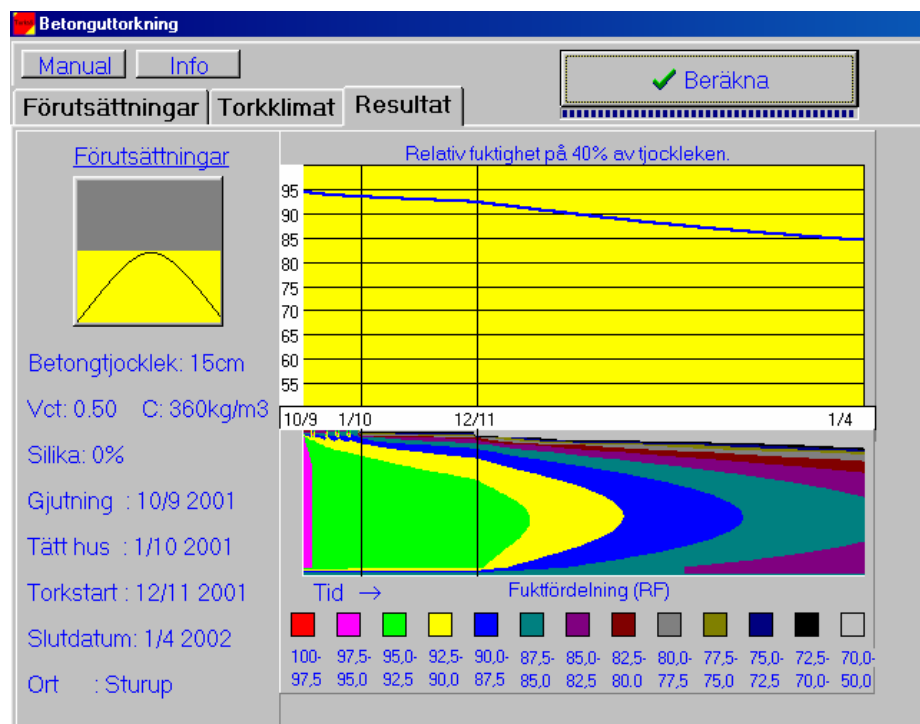
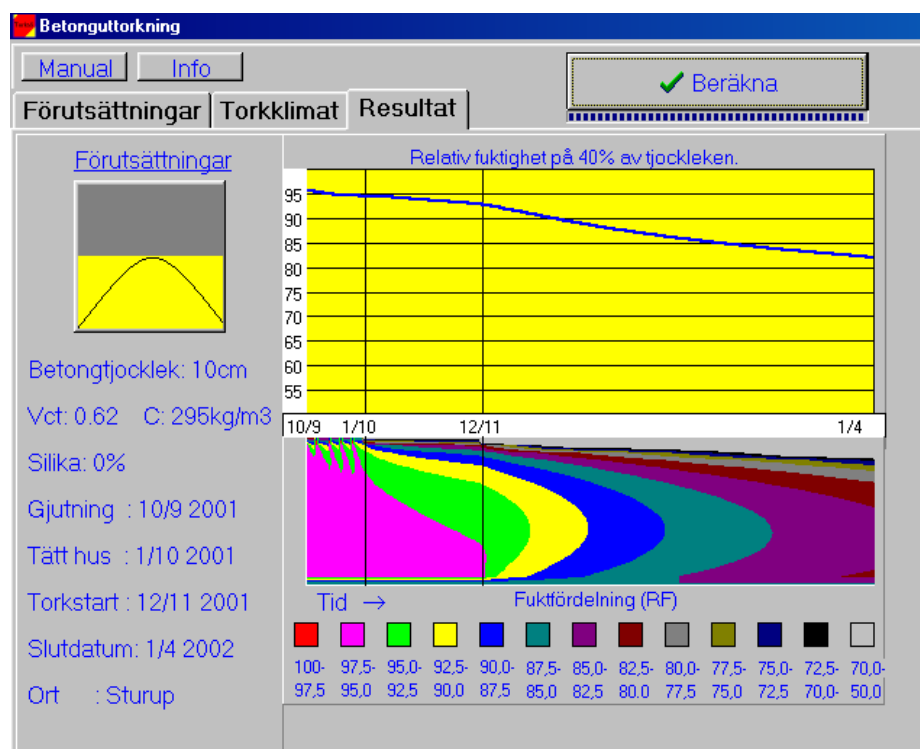
Peramin F

Peramin Compac 30

kg/m3	kg/m3	kg/m3
295	360	410
-	-	20
182	180	154
980	952	849
836	813	922
4	5	-
-	-	4

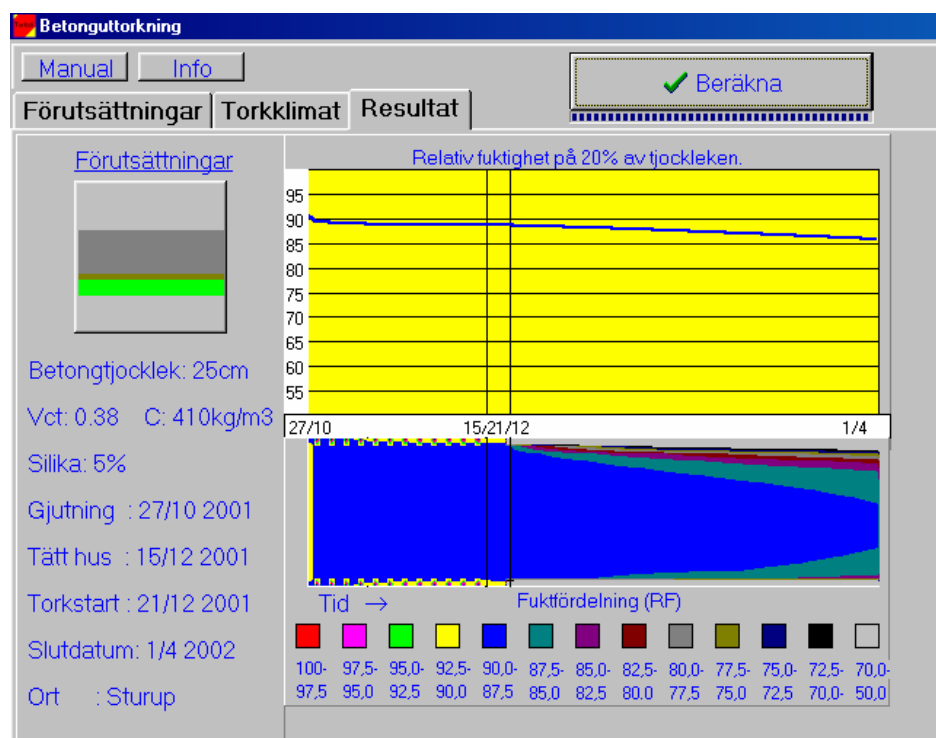
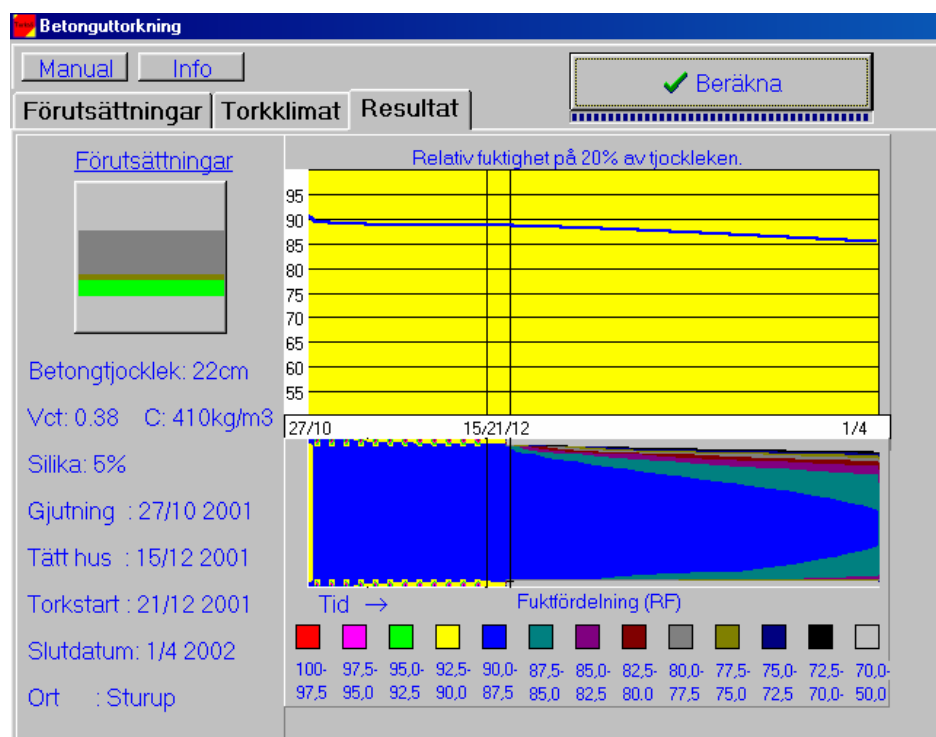
Uttorkningssimuleringar med TorkaS 1.0

Platta på mark



Uttorkningssimuleringar med TorkaS 1.0

Mellanbjälklag

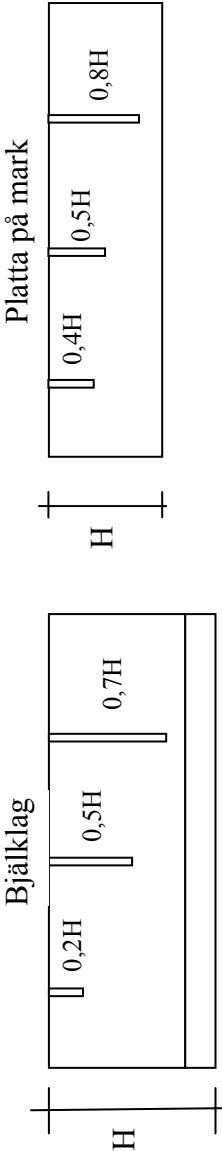


Placering av Humi-Guard kvarsittande givare, Bottenplan

A	1:1 K 45 El-uk		1:2 K 35	1:3 K 35 HP-1	1:4 K 35 HP-1	1:5 K 35 HP-2	1:6 K 35 El-m	1:7 K 35 El-uk	1:8 K 35 El-uk	1:9 K 35	F-gång K 45	M	
	1:10 K 45		1:11 K 45 HP-1	1:12 K 45 HP-1	1:13 K 45 HP-2	1:14 K 45 El-m	1:15 K 45 El-uk	1:16 K 45 El-uk	1:17 K 45	1:28 K 35			
B	1:18 K 35 El-m		1:19 K 35 El-m		1:20 K 35 HP-1		1:21 K 35 HP-1		1:22 K 35 HP-2		1:23 K 35 El-m		L
C	1:24 K 35 El-uk		1:25 K 35 El-uk		1:26 K 35		1:27 K 35		1:28 K 35		K	J	
D	1:29 K 35 El-uk		1:30 K 35 El-uk		1:31 K 35 El-uk		1:32 K 35 El-uk		1:33 K 35 El-uk				H
E	1:34 K 35 El-uk		1:35 K 35 El-uk		1:36 K 35 El-uk		1:37 K 35 El-uk		1:38 K 35 El-uk		F	E	
F	1:39 K 35 El-uk		1:40 K 35 El-uk		1:41 K 35 El-uk		1:42 K 35 El-uk		1:43 K 35 El-uk				D
G	1:44 K 35 El-uk		1:45 K 35 El-uk		1:46 K 35 El-uk		1:47 K 35 El-uk		1:48 K 35 El-uk		B	A	
H	1:49 K 35 El-uk		1:50 K 35 El-uk		1:51 K 35 El-uk		1:52 K 35 El-uk		1:53 K 35 El-uk				1:54 K 35 El-uk
I	1:56 K 35 El-uk		1:57 K 35 El-uk		1:58 K 35 El-uk		1:59 K 35 El-uk		1:60 K 35 El-uk		1:61 K 35 El-uk	1:62 K 35 El-uk	
J	1:63 K 35 El-uk		1:64 K 35 El-uk		1:65 K 35 El-uk		1:66 K 35 El-uk		1:67 K 35 El-uk				1:68 K 35 El-uk
K	1:70 K 35 El-uk		1:71 K 35 El-uk		1:72 K 35 El-uk		1:73 K 35 El-uk		1:74 K 35 El-uk		1:75 K 35 El-uk	1:76 K 35 El-uk	
L	1:77 K 35 El-uk		1:78 K 35 El-uk		1:79 K 35 El-uk		1:80 K 35 El-uk		1:81 K 35 El-uk				1:82 K 35 El-uk
M	1:84 K 35 El-uk		1:85 K 35 El-uk		1:86 K 35 El-uk		1:87 K 35 El-uk		1:88 K 35 El-uk		1:89 K 35 El-uk	1:90 K 35 El-uk	
N	1:91 K 35 El-uk		1:92 K 35 El-uk		1:93 K 35 El-uk		1:94 K 35 El-uk		1:95 K 35 El-uk				1:96 K 35 El-uk
O	1:98 K 35 El-uk		1:99 K 35 El-uk		1:100 K 35 El-uk		1:101 K 35 El-uk		1:102 K 35 El-uk		1:103 K 35 El-uk	1:104 K 35 El-uk	
P	1:105 K 35 El-uk		1:106 K 35 El-uk		1:107 K 35 El-uk		1:108 K 35 El-uk		1:109 K 35 El-uk				1:110 K 35 El-uk
Q	1:112 K 35 El-uk		1:113 K 35 El-uk		1:114 K 35 El-uk		1:115 K 35 El-uk		1:116 K 35 El-uk		1:117 K 35 El-uk	1:118 K 35 El-uk	
R	1:119 K 35 El-uk		1:120 K 35 El-uk		1:121 K 35 El-uk		1:122 K 35 El-uk		1:123 K 35 El-uk				1:124 K 35 El-uk
S	1:126 K 35 El-uk		1:127 K 35 El-uk		1:128 K 35 El-uk		1:129 K 35 El-uk		1:130 K 35 El-uk		1:131 K 35 El-uk	1:132 K 35 El-uk	
T	1:133 K 35 El-uk		1:134 K 35 El-uk		1:135 K 35 El-uk		1:136 K 35 El-uk		1:137 K 35 El-uk				1:138 K 35 El-uk
U	1:140 K 35 El-uk		1:141 K 35 El-uk		1:142 K 35 El-uk		1:143 K 35 El-uk		1:144 K 35 El-uk		1:145 K 35 El-uk	1:146 K 35 El-uk	
V	1:147 K 35 El-uk		1:148 K 35 El-uk		1:149 K 35 El-uk		1:150 K 35 El-uk		1:151 K 35 El-uk				1:152 K 35 El-uk
W	1:154 K 35 El-uk		1:155 K 35 El-uk		1:156 K 35 El-uk		1:157 K 35 El-uk		1:158 K 35 El-uk		1:159 K 35 El-uk	1:160 K 35 El-uk	
X	1:161 K 35 El-uk		1:162 K 35 El-uk		1:163 K 35 El-uk		1:164 K 35 El-uk		1:165 K 35 El-uk				1:166 K 35 El-uk
Y	1:168 K 35 El-uk		1:169 K 35 El-uk		1:170 K 35 El-uk		1:171 K 35 El-uk		1:172 K 35 El-uk		1:173 K 35 El-uk	1:174 K 35 El-uk	
Z	1:175 K 35 El-uk		1:176 K 35 El-uk		1:177 K 35 El-uk		1:178 K 35 El-uk		1:179 K 35 El-uk				1:180 K 35 El-uk
AA	1:182 K 35 El-uk		1:183 K 35 El-uk		1:184 K 35 El-uk		1:185 K 35 El-uk		1:186 K 35 El-uk		1:187 K 35 El-uk	1:188 K 35 El-uk	
AB	1:189 K 35 El-uk		1:190 K 35 El-uk		1:191 K 35 El-uk		1:192 K 35 El-uk		1:193 K 35 El-uk				1:194 K 35 El-uk
AC	1:196 K 35 El-uk		1:197 K 35 El-uk		1:198 K 35 El-uk		1:199 K 35 El-uk		1:200 K 35 El-uk		1:201 K 35 El-uk	1:202 K 35 El-uk	
AD	1:203 K 35 El-uk		1:204 K 35 El-uk		1:205 K 35 El-uk		1:206 K 35 El-uk		1:207 K 35 El-uk				1:208 K 35 El-uk
AE	1:210 K 35 El-uk		1:211 K 35 El-uk		1:212 K 35 El-uk		1:213 K 35 El-uk		1:214 K 35 El-uk		1:215 K 35 El-uk	1:216 K 35 El-uk	
AF	1:217 K 35 El-uk		1:218 K 35 El-uk		1:219 K 35 El-uk		1:220 K 35 El-uk		1:221 K 35 El-uk				1:222 K 35 El-uk
AG	1:224 K 35 El-uk		1:225 K 35 El-uk		1:226 K 35 El-uk		1:227 K 35 El-uk		1:228 K 35 El-uk		1:229 K 35 El-uk	1:230 K 35 El-uk	
AH	1:231 K 35 El-uk		1:232 K 35 El-uk		1:233 K 35 El-uk		1:234 K 35 El-uk		1:235 K 35 El-uk				1:236 K 35 El-uk
AI	1:238 K 35 El-uk		1:239 K 35 El-uk		1:240 K 35 El-uk		1:241 K 35 El-uk		1:242 K 35 El-uk		1:243 K 35 El-uk	1:244 K 35 El-uk	
AJ	1:245 K 35 El-uk		1:246 K 35 El-uk		1:247 K 35 El-uk		1:248 K 35 El-uk		1:249 K 35 El-uk				1:250 K 35 El-uk
AK	1:252 K 35 El-uk		1:253 K 35 El-uk		1:254 K 35 El-uk		1:255 K 35 El-uk		1:256 K 35 El-uk		1:257 K 35 El-uk	1:258 K 35 El-uk	
AL	1:259 K 35 El-uk		1:260 K 35 El-uk		1:261 K 35 El-uk		1:262 K 35 El-uk		1:263 K 35 El-uk				1:264 K 35 El-uk
AM	1:266 K 35 El-uk		1:267 K 35 El-uk		1:268 K 35 El-uk		1:269 K 35 El-uk		1:270 K 35 El-uk		1:271 K 35 El-uk	1:272 K 35 El-uk	
AN	1:273 K 35 El-uk		1:274 K 35 El-uk		1:275 K 35 El-uk		1:276 K 35 El-uk		1:277 K 35 El-uk				1:278 K 35 El-uk
AO	1:280 K 35 El-uk		1:281 K 35 El-uk		1:282 K 35 El-uk		1:283 K 35 El-uk		1:284 K 35 El-uk		1:285 K 35 El-uk	1:286 K 35 El-uk	
AP	1:287 K 35 El-uk		1:288 K 35 El-uk		1:289 K 35 El-uk		1:290 K 35 El-uk		1:291 K 35 El-uk				1:292 K 35 El-uk
AQ	1:294 K 35 El-uk		1:295 K 35 El-uk		1:296 K 35 El-uk		1:297 K 35 El-uk		1:298 K 35 El-uk		1:299 K 35 El-uk	1:300 K 35 El-uk	
AR	1:301 K 35 El-uk		1:302 K 35 El-uk		1:303 K 35 El-uk		1:304 K 35 El-uk		1:305 K 35 El-uk				1:306 K 35 El-uk
AS	1:308 K 35 El-uk		1:309 K 35 El-uk		1:310 K 35 El-uk		1:311 K 35 El-uk		1:312 K 35 El-uk		1:313 K 35 El-uk	1:314 K 35 El-uk	
AT	1:315 K 35 El-uk		1:316 K 35 El-uk		1:317 K 35 El-uk		1:318 K 35 El-uk		1:319 K 35 El-uk				1:320 K 35 El-uk
AV	1:322 K 35 El-uk		1:323 K 35 El-uk		1:324 K 35 El-uk		1:325 K 35 El-uk		1:326 K 35 El-uk		1:327 K 35 El-uk	1:328 K 35 El-uk	
AW	1:329 K 35 El-uk		1:330 K 35 El-uk		1:331 K 35 El-uk		1:332 K 35 El-uk		1:333 K 35 El-uk				1:334 K 35 El-uk
AX	1:336 K 35 El-uk		1:337 K 35 El-uk		1:338 K 35 El-uk		1:339 K 35 El-uk		1:340 K 35 El-uk		1:341 K 35 El-uk	1:342 K 35 El-uk	
AY	1:343 K 35 El-uk		1:344 K 35 El-uk		1:345 K 35 El-uk		1:346 K 35 El-uk		1:347 K 35 El-uk				1:348 K 35 El-uk
AZ	1:350 K 35 El-uk		1:351 K 35 El-uk		1:352 K 35 El-uk		1:353 K 35 El-uk		1:354 K 35 El-uk		1:355 K 35 El-uk	1:356 K 35 El-uk	
BA	1:357 K 35 El-uk		1:358 K 35 El-uk		1:359 K 35 El-uk		1:360 K 35 El-uk		1:361 K 35 El-uk				1:362 K 35 El-uk
BB	1:364 K 35 El-uk		1:365 K 35 El-uk		1:366 K 35 El-uk		1:367 K 35 El-uk		1:368 K 35 El-uk		1:369 K 35 El-uk	1:370 K 35 El-uk	
BC	1:371 K 35 El-uk		1:372 K 35 El-uk		1:373 K 35 El-uk		1:374 K 35 El-uk		1:375 K 35 El-uk				1:376 K 35 El-uk
BD	1:378 K 35 El-uk		1:379 K 35 El-uk		1:380 K 35 El-uk		1:381 K 35 El-uk		1:382 K 35 El-uk		1:383 K 35 El-uk	1:384 K 35 El-uk	
BE	1:385 K 35 El-uk		1:386 K 35 El-uk		1:387 K 35 El-uk		1:388 K 35 El-uk		1:389 K 35 El-uk				1:390 K 35 El-uk
BF	1:392 K 35 El-uk		1:393 K 35 El-uk		1:394 K 35 El-uk		1:395 K 35 El-uk		1:396 K 35 El-uk		1:397 K 35 El-uk	1:398 K 35 El-uk	
BG	1:399 K 35 El-uk		1:400 K 35 El-uk		1:401 K 35 El-uk		1:402 K 35 El-uk		1:403 K 35 El-uk				1:404 K 35 El-uk
BH	1:406 K 35 El-uk		1:407 K 35 El-uk		1:408 K 35 El-uk		1:409 K 35 El-uk		1:410 K 35 El-uk		1:411 K 35 El-uk	1:412 K 35 El-uk	
BI	1:413 K 35 El-uk		1:414 K 35 El-uk		1:415 K 35 El-uk		1:416 K 35 El-uk		1:417 K 35 El-uk				1:418 K 35 El-uk
BJ	1:420 K 35 El-uk		1:421 K 35 El-uk		1:422 K 35 El-uk		1:423 K 35 El-uk		1:424 K 35 El-uk		1:425 K 35 El-uk	1:426 K 35 El-uk	
BK	1:427 K 35 El-uk		1:428 K 35 El-uk		1:429 K 35 El-uk		1:430 K 35 El-uk		1:431 K 35 El-uk				1:432 K 35 El-uk
BL	1:434 K 35 El-uk		1:435 K 35 El-uk		1:436 K 35 El-uk		1:437 K 35 El-uk		1:438 K 35 El-uk		1:439 K 35 El-uk	1:440 K 35 El-uk	
BM	1:441 K 35 El-uk		1:442 K 35 El-uk		1:443 K 35 El-uk		1:444 K 35 El-uk		1:445 K 35 El-uk				1:446 K 35 El-uk
BN	1:448 K 35 El-uk		1:449 K 35 El-uk		1:450 K 35 El-uk		1:451 K 35 El-uk		1:452 K 35 El-uk		1:453 K 35 El-uk	1:454 K 35 El-uk	
BO	1:455 K 35 El-uk		1:456 K 35 El-uk		1:457 K 35 El-uk		1:458 K 35 El-uk		1:459 K 35 El-uk				1:460 K 35 El-uk
BP	1:462 K 35 El-uk		1:463 K 35 El-uk		1:464 K 35 El-uk		1:465 K 35 El-uk		1:466 K 35 El-uk		1:467 K 35 El-uk	1:468 K 35 El-uk	
BQ	1:469 K 35 El-uk		1:470 K 35 El-uk		1:471 K 35 El-uk		1:472 K 35 El-uk		1:473 K 35 El-uk				1:474 K 35 El-uk
BR	1:476 K 35 El-uk		1:477 K 35 El-uk		1:478 K 35 El-uk		1:479 K 35 El-uk		1:480 K 35 El-uk		1:481 K 35 El-uk	1:482 K 35 El-uk	
BS	1:483 K 35 El-uk		1:484 K 35 El-uk		1:485 K 35 El-uk		1:486 K 35 El-uk		1:487 K 35 El-uk				1:488 K 35 El-uk
BT													

Plattjocklekar: 1:1 = 220 mm ; 1:2 – 1:9 = 100 mm ; 1:10 – 1:17 = 150 mm ; 1:18 – 1:28 = 100 mm

Måtdjup

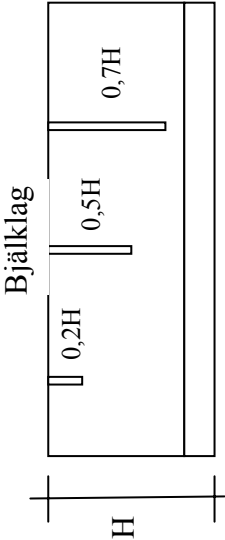


Placering av Humi-Guard kvarsittande givare, Plan 2

2:1 K 45 El-uk	2:2 K 45 El-uk	2:3 K 45 El-uk	2:4 K 45 El-uk	2:5 K 45 El-uk	2:6 K 60	2:7 K 60 ⊗	2:8 K 60	2:9 ⊗ K 60 Hiss			
2:10 K 45 El-uk	2:11 K 45 El-uk	2:12 K 45 El-uk	2:13 K 45 El-uk	2:14 K 45 El-uk	2:15 K 60	2:16 K 60	2:17 K 60				
2:18 K 45 El-uk	2:19 K 45 El-uk	2:20 K 45 El-uk	2:21 K 45 El-uk	2:22 K 45 El-uk	2:23 K 60	2:24 K 60	2:25 K 60	2:26 K 60	2:27 K 60	2:28 K 60 ⊗	
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M

Plattjocklekar: 2:1 – 2:8 = 220 mm ; 2:9 = 250 mm ; 2:10 – 2:28 = 220 mm

Måtdjup



Mätpunkter för slutmätning, Plan 2. Mät djup = halva plattjockleken

2:1 K 45 El-uk	2:2 K 45 El-uk	2:3 K 45 El-uk	2:4 K 45 El-uk	2:5 K 45 El-uk	2:6 K 60	2:7 K 60	2:8 K 60	2:9 K 60	
2:10 K 45 El-uk	2:11 K 45 El-uk	2:12 K 45 El-uk	2:13 K 45 El-uk	2:14 K 45 El-uk	2:15 K 60	2:16 K 60	2:17 K 60		
2:18 K 45 El-uk	2:19 K 45 El-uk	2:20 K 45 El-uk	2:21 K 45 El-uk	2:22 K 45 El-uk	2:23 K 60	2:24 K 60	2:25 K 60	2:26 K 60	2:27 K 60
									2:28 K 60
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
									L
									M

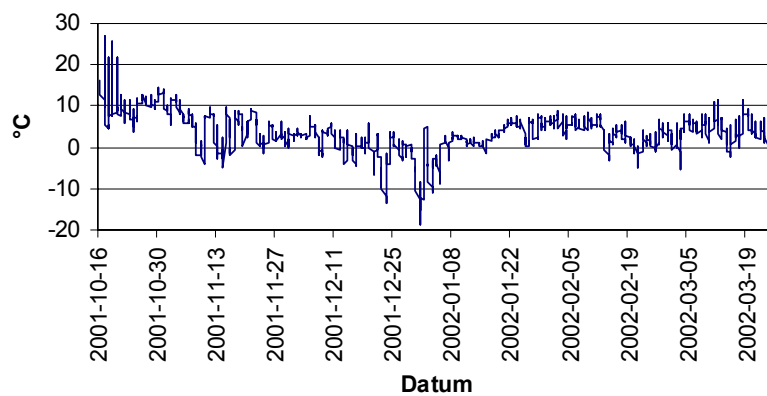
Plattjocklekar: 2:1 – 2:8 = 220 mm ; 2:9 = 250 mm ; 2:10 – 2:28 = 220 mm

Teckenförklaringar

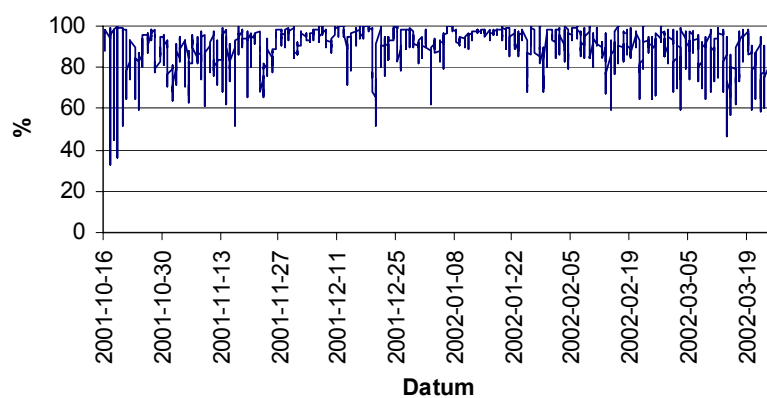
- K 45 Betong med vct 0,50
- K 60 Betong med vct 0,38
- El-uk Elslingsor placerade i underkant på betongen

Uteklimatdata Järavallen

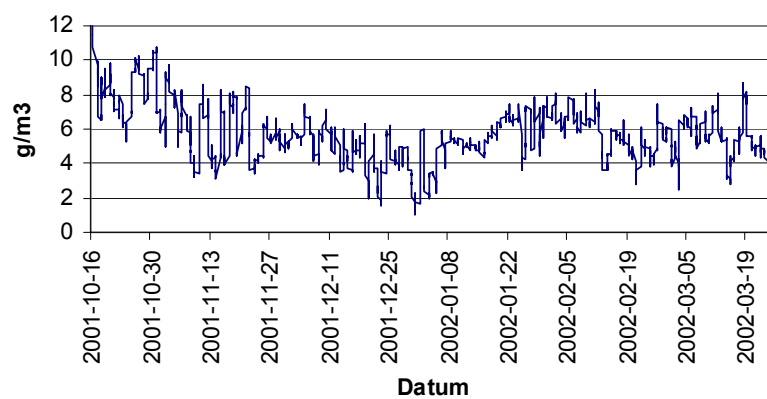
Utomhusluftens temperatur



Utomhusluftens RF

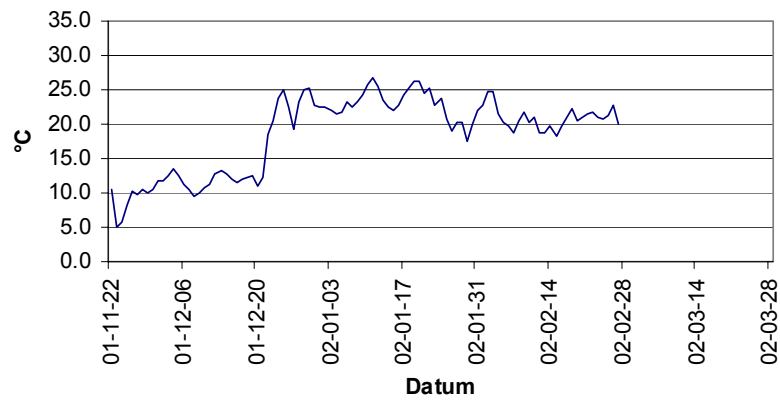


Utomhusluftens ånghalt

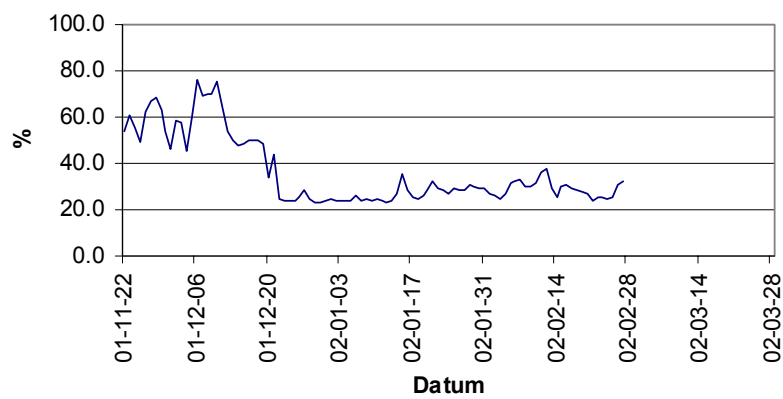


Inneklimatdata Järavallen

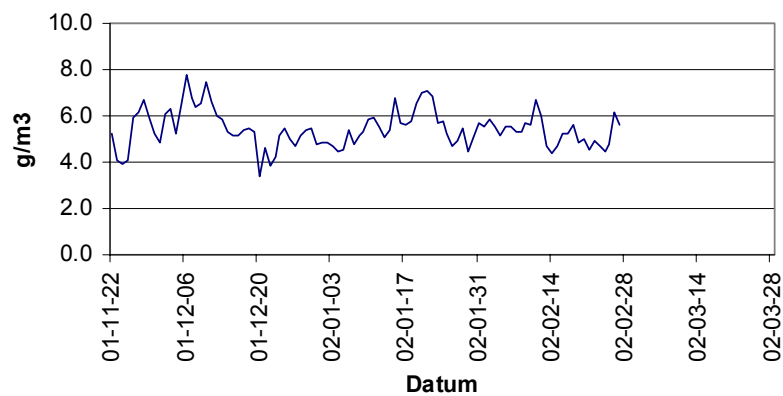
Temperatur Rum 1:1



RF Rum 1:1

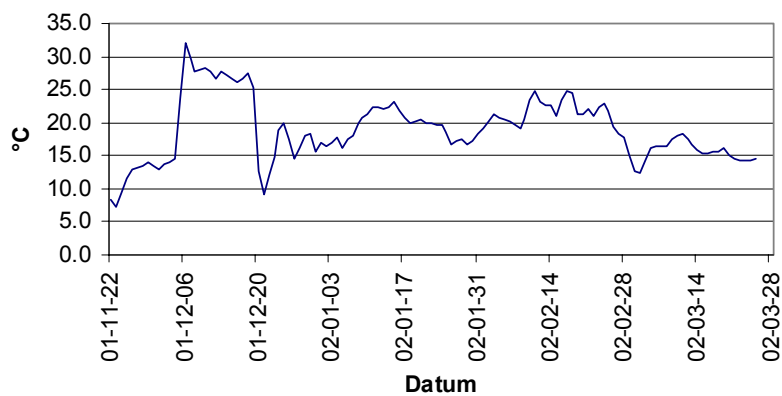


Ånghalt Rum 1:1

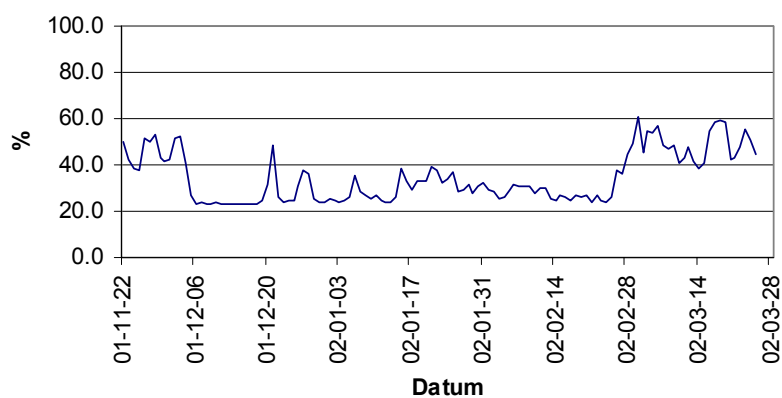


Inneklimatdata Järavallen

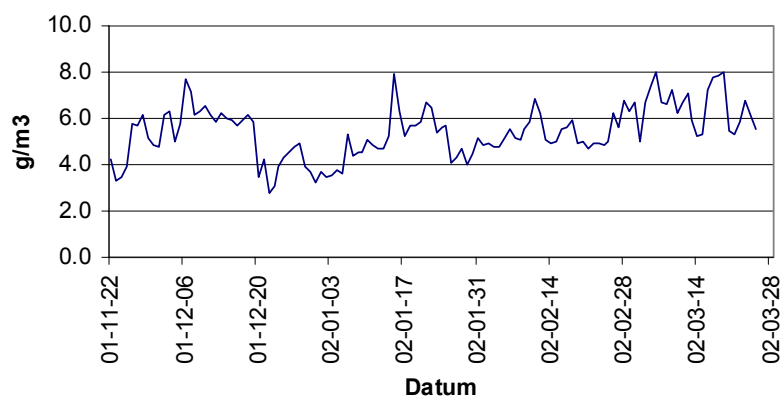
Temperatur Rum 1:3



RF Rum 1:3

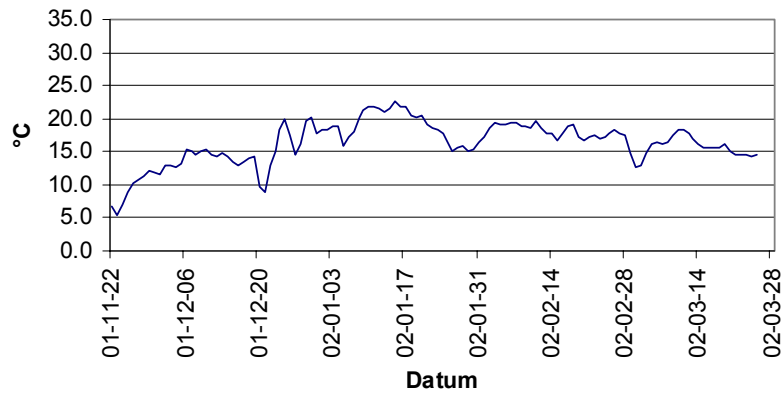


Ånghalt Rum 1:3

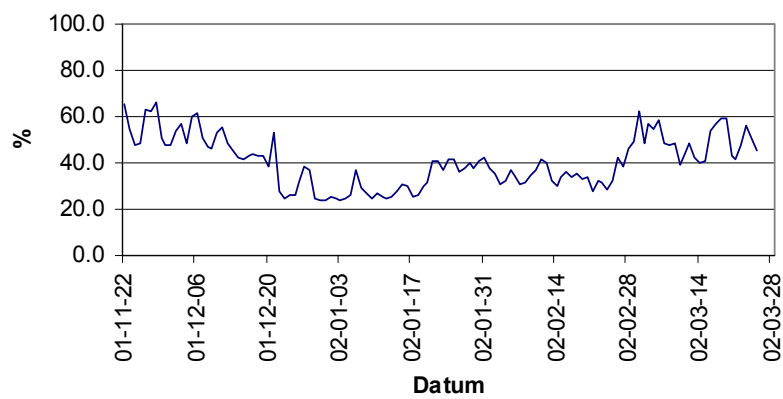


Inneklimatdata Järavallen

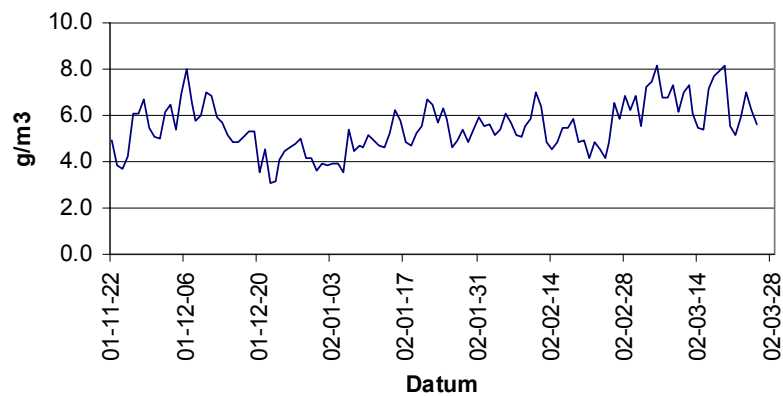
Temperatur Rum 1:4



RF Rum 1:4

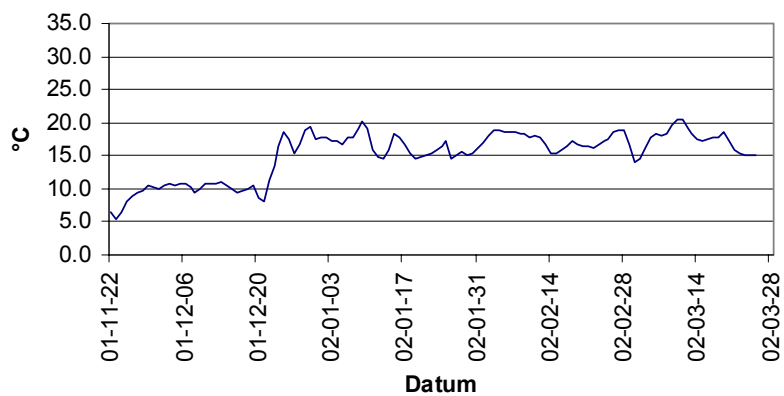


Ånghalt Rum 1:4

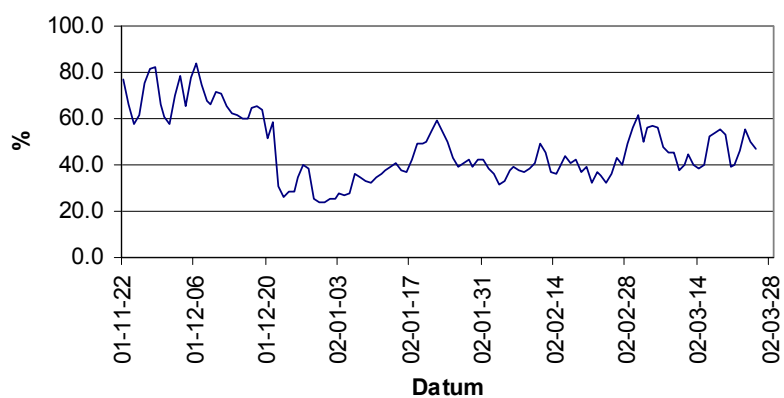


Inneklimatdata Järavallen

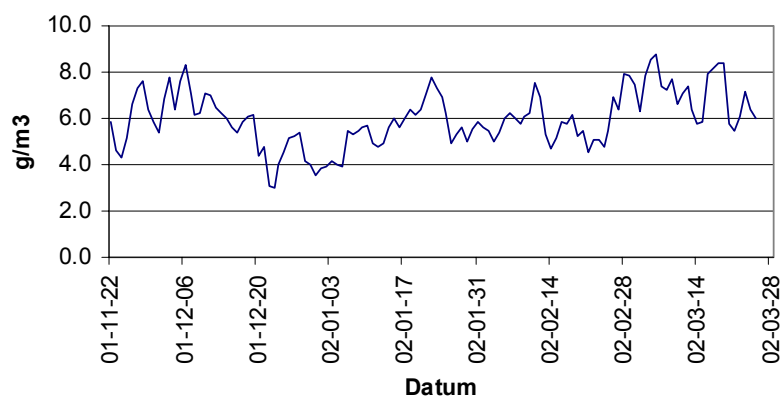
Temperatur Rum 1:5



RF Rum 1:5

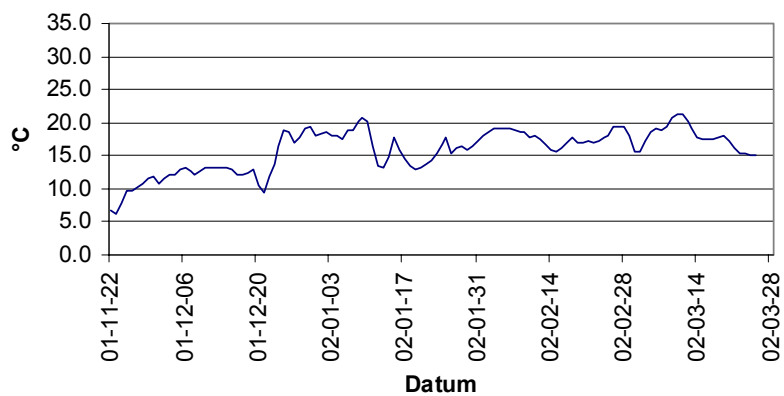


Ånghalt Rum 1:5

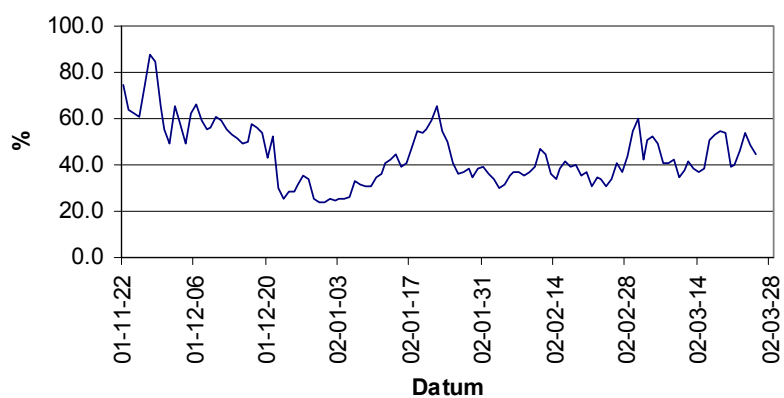


Inneklimatdata Järavallen

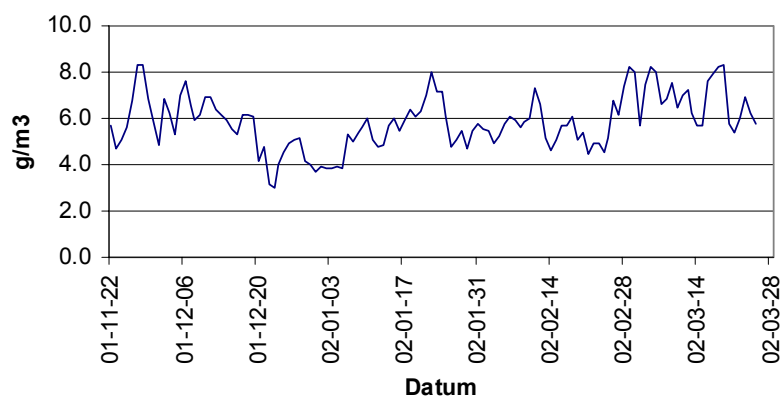
Temperatur Rum 1:6



RF Rum 1:6

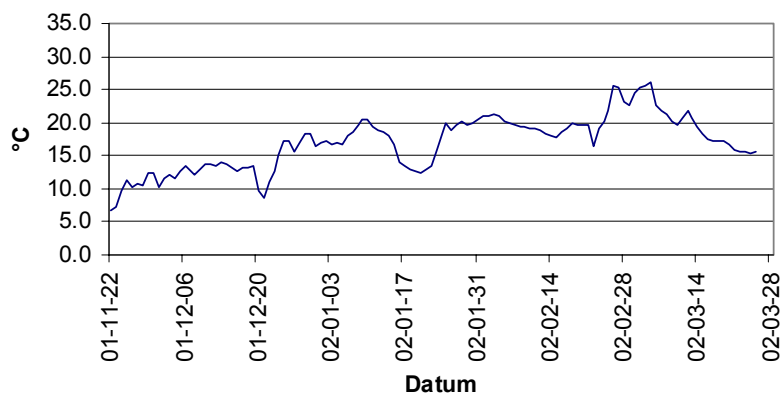


Ånghalt Rum 1:6

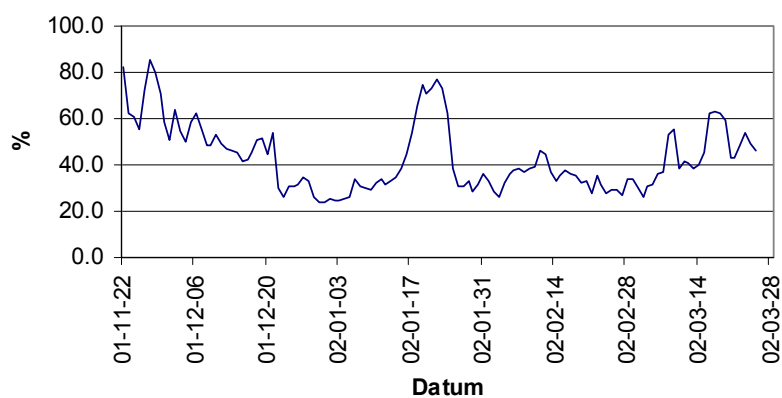


Inneklimatdata Järavallen

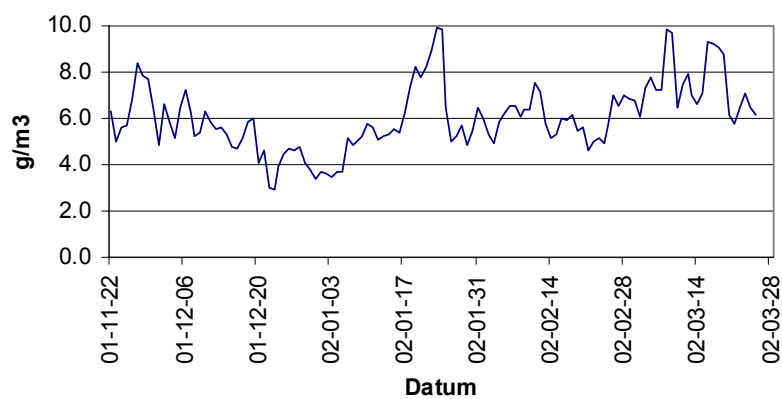
Temperatur Rum 1:7



RF Rum 1:7

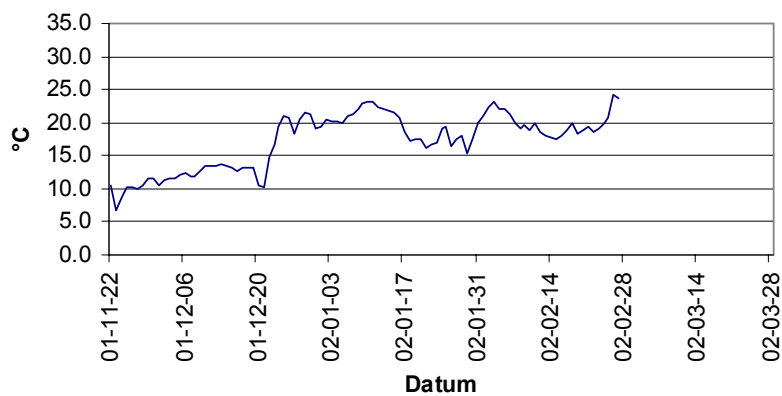


Ånghalt Rum 1:7

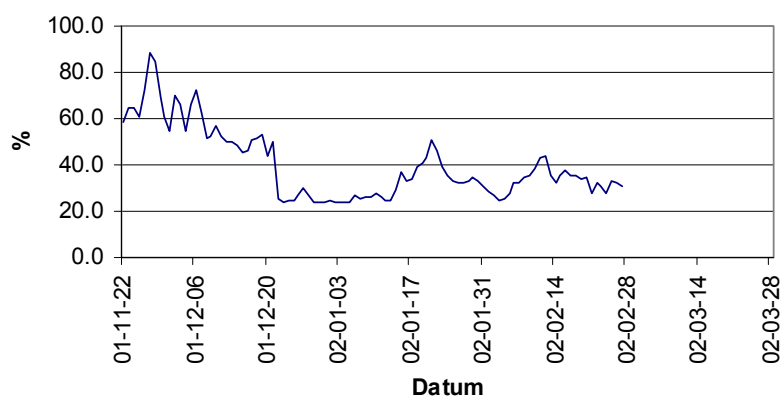


Inneklimatdata Järavallen

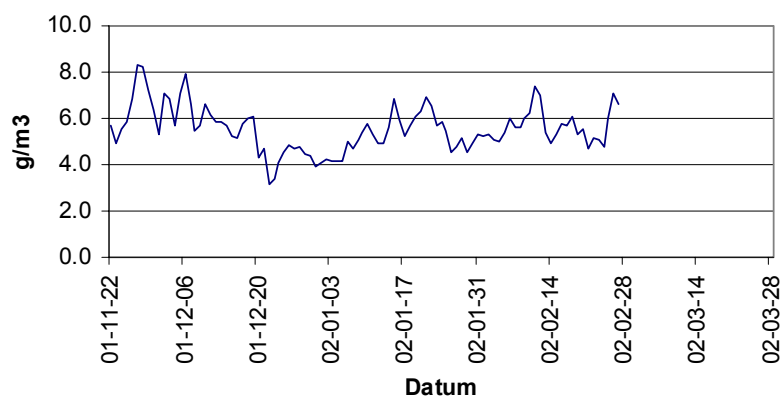
Temperatur Rum 1:13



RF Rum 1:13

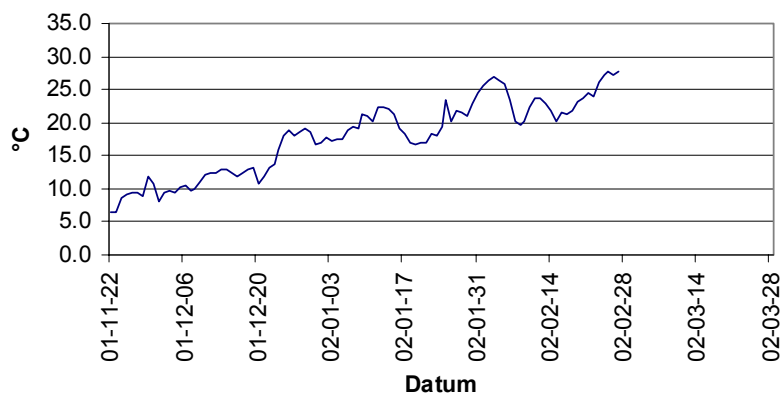


Ånghalt Rum 1:13

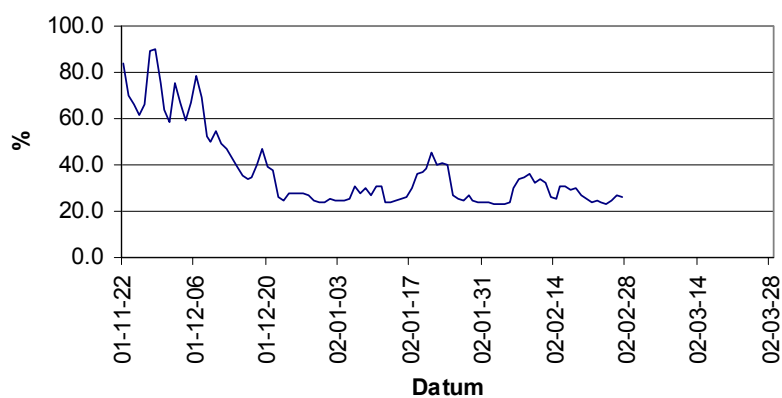


Inneklimatdata Järavallen

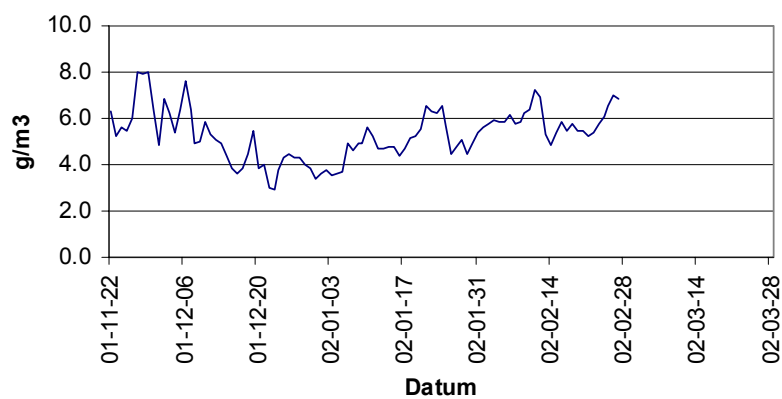
Temperatur Rum 1:17



RF Rum 1:17

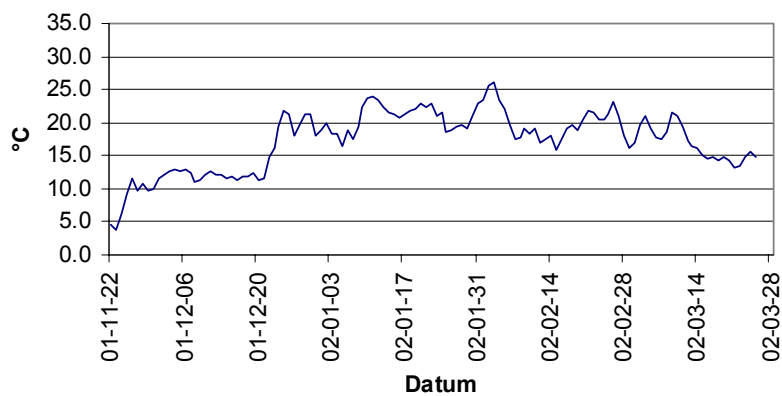


Änghalt Rum 1:17

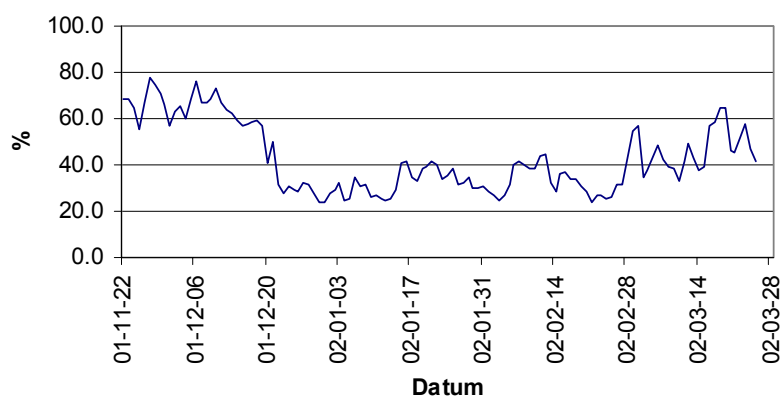


Inneklimatdata Järavallen

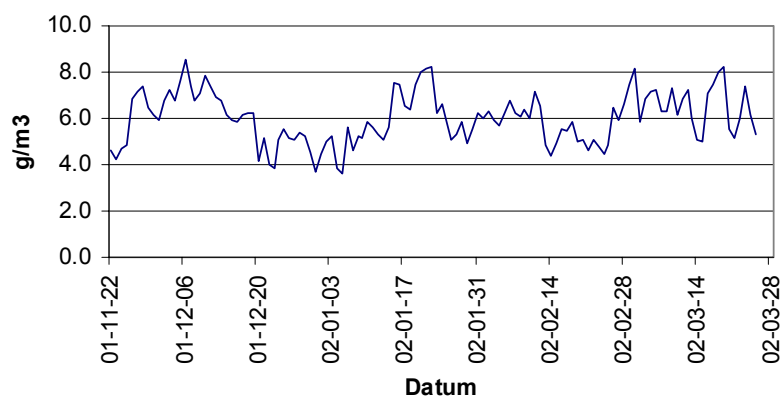
Temperatur Rum 1:18



RF Rum 1:18

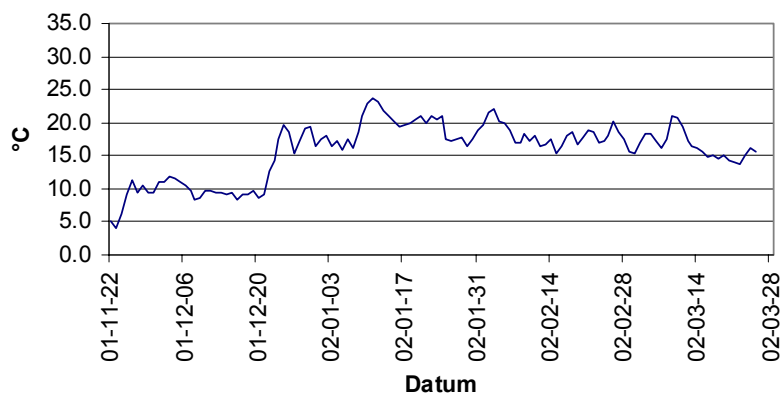


Ånghalt Rum 1:18

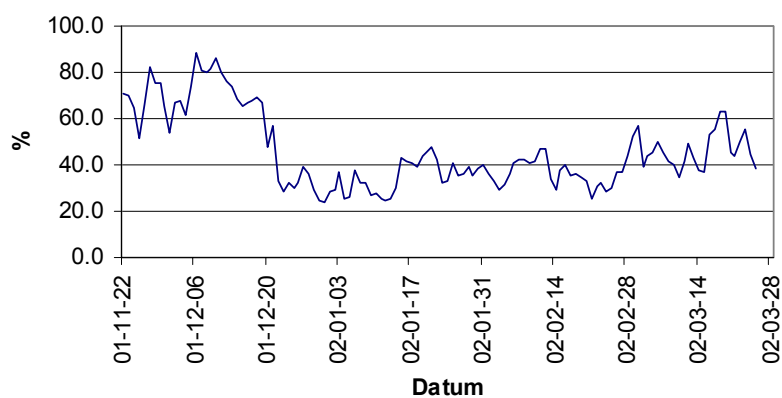


Inneklimatdata Järavallen

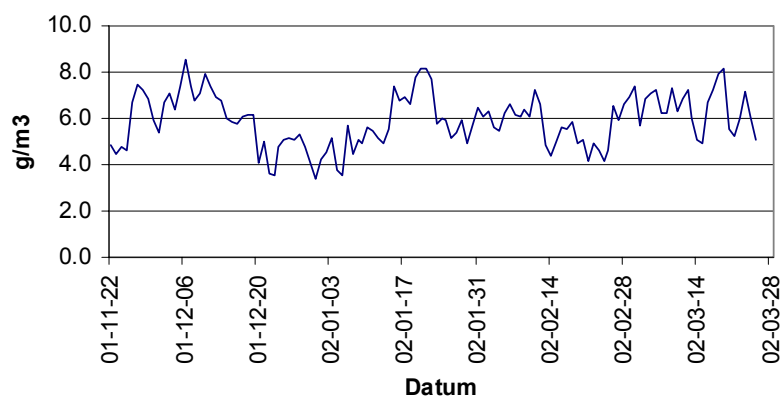
Temperatur Rum 1:19



RF Rum 1:19

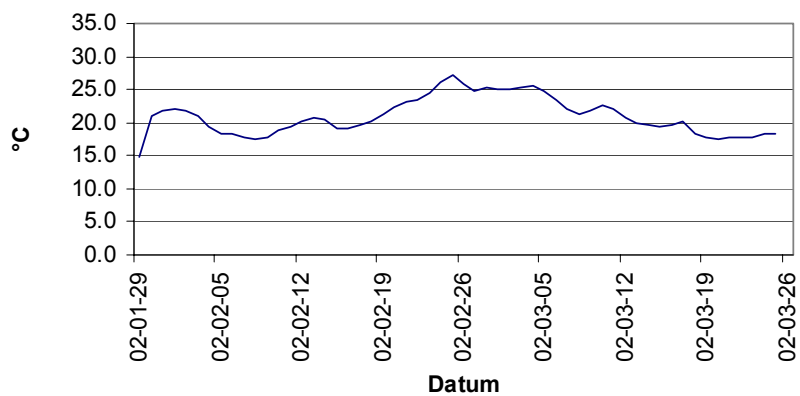


Ånghalt Rum 1:19

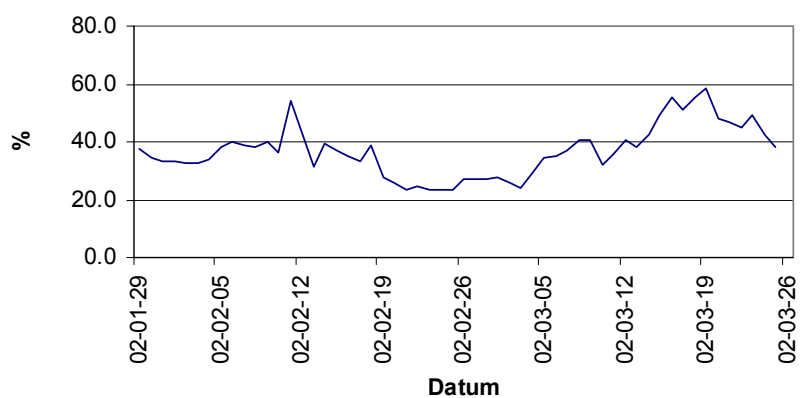


Inneklimatdata Järavallen

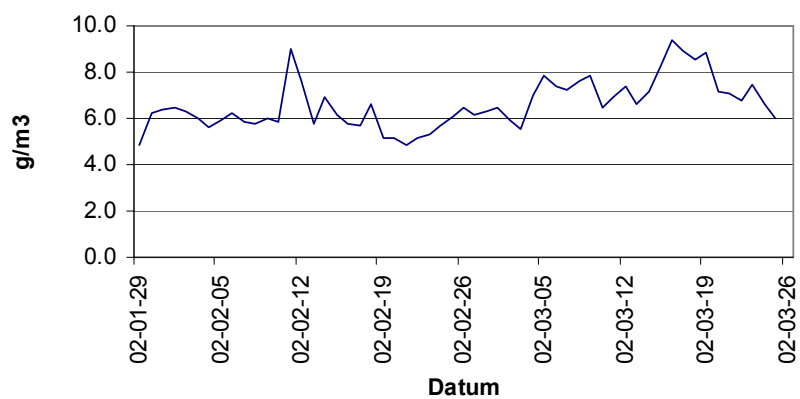
Temperatur Rum 2:19



RF Rum 2:19

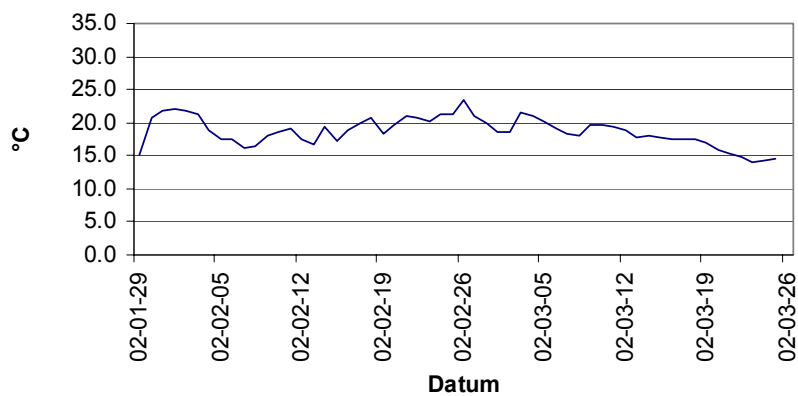


Ånghalt Rum 2:19

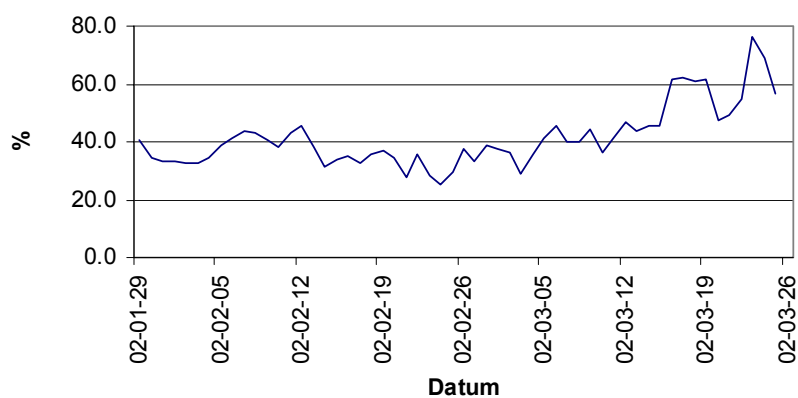


Inneklimatdata Järavallen

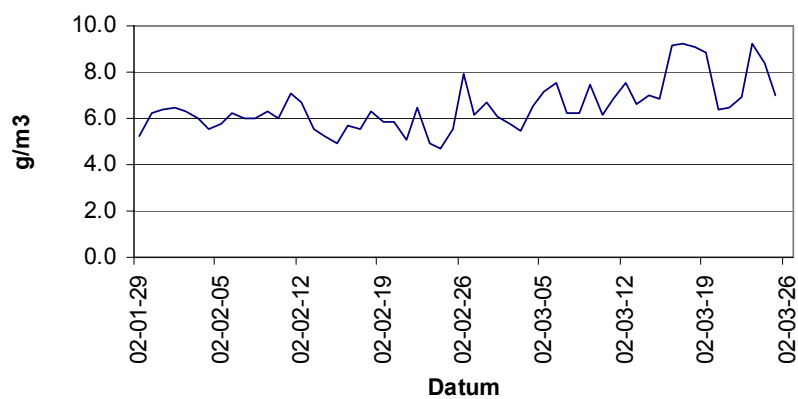
Temperatur Rum 2:27



RF Rum 2:27

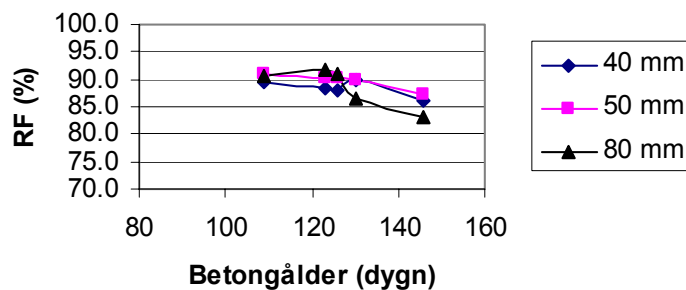


Ånghalt Rum 2:27

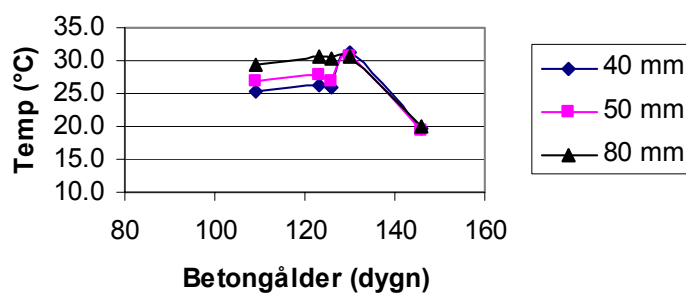


RF-mätning med Humi-Guard, kvarsittande givare

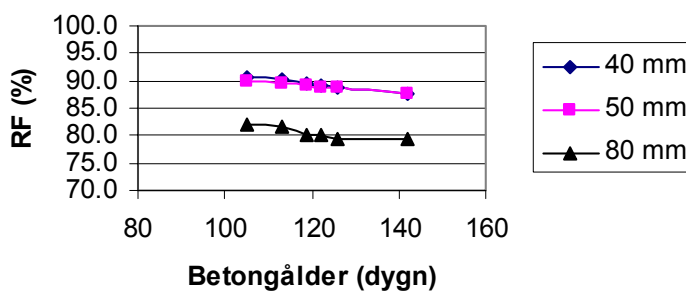
Betong-RF Rum 1:3



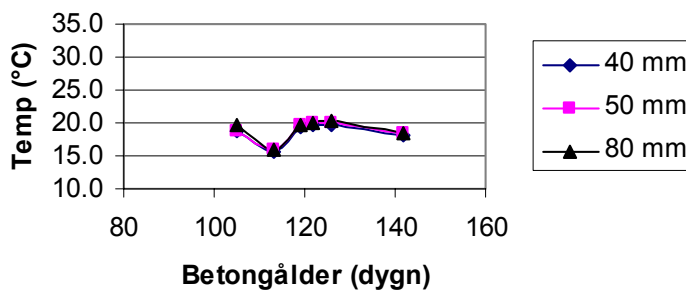
Betongtemperatur Rum 1:3



Betong-RF Rum 1:4

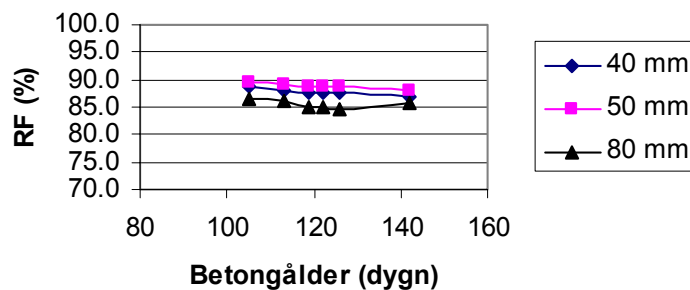


Betongtemperatur Rum 1:4

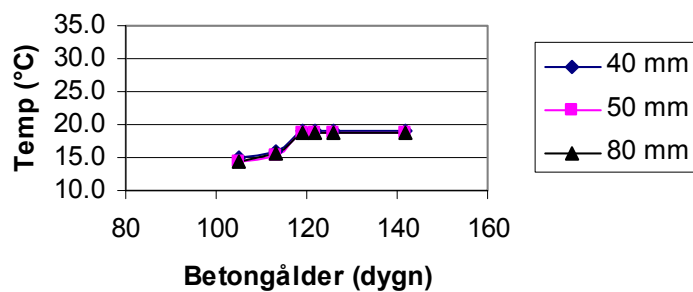


RF-mätning med Humi-Guard, kvarsittande givare

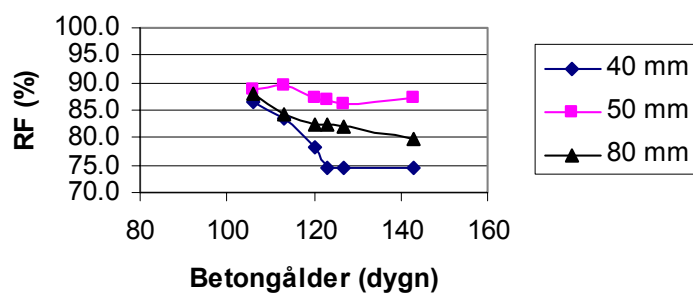
Betong-RF Rum 1:5



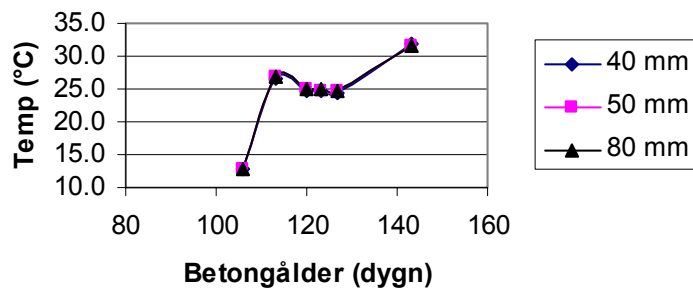
Betongtemperatur Rum 1:5



Betong-RF Rum 1:8

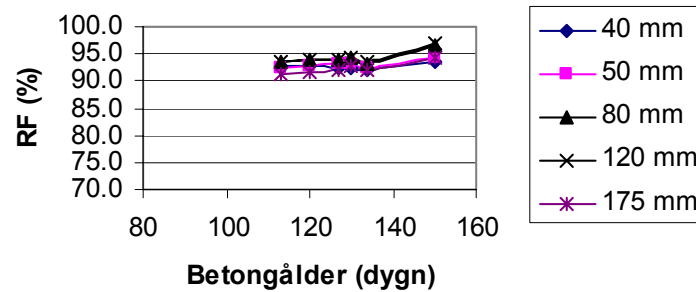


Betongtemperatur Rum 1:8

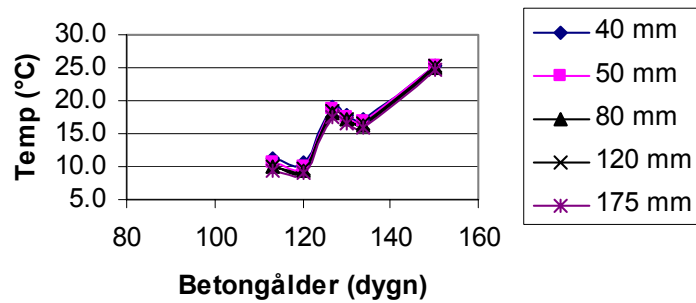


RF-mätning med Humi-Guard, kvarsittande givare

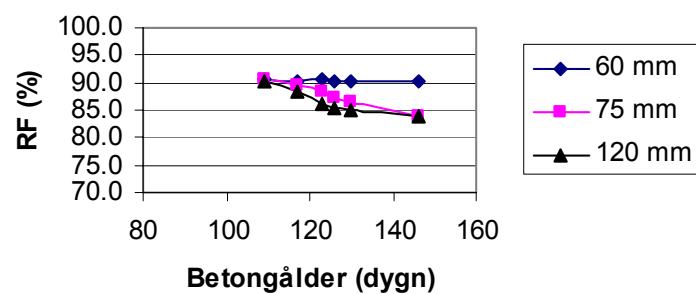
Betong-RF Rum 1:9 (vot)



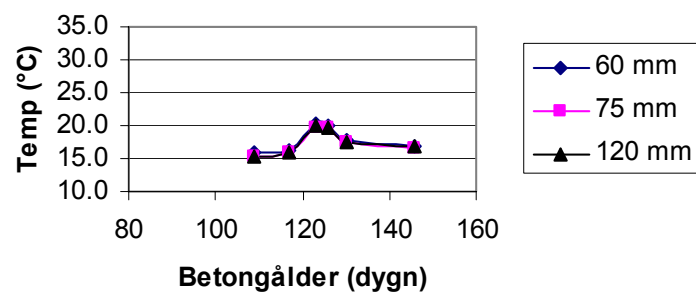
Betongtemperatur Rum 1:9 (vot)



Betong-RF Rum 1:11

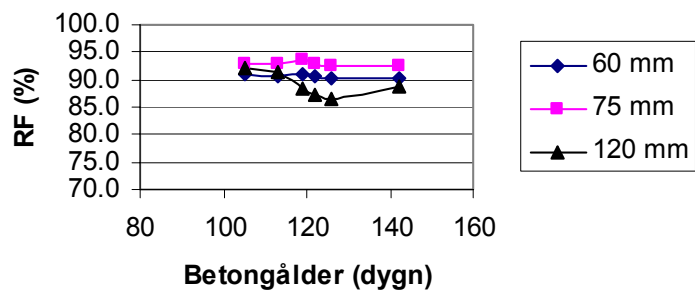


Betongtemperatur Rum 1:11

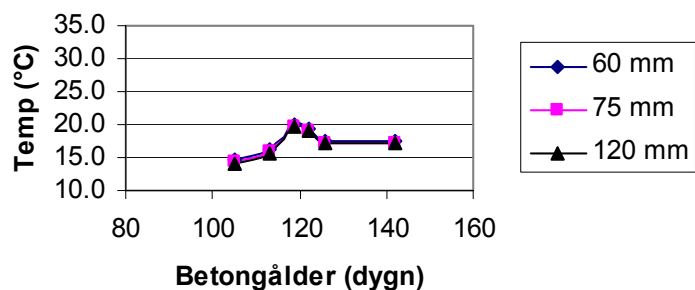


RF-mätning med Humi-Guard, kvarsittande givare

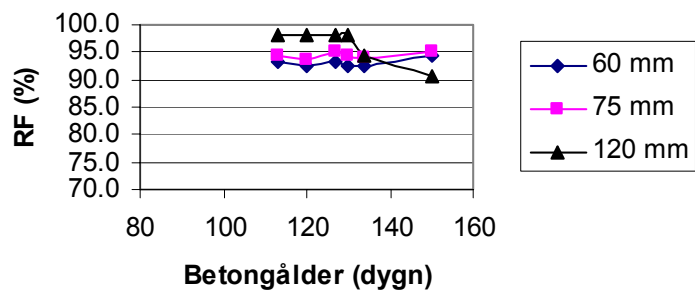
Betong-RF Rum 1:12



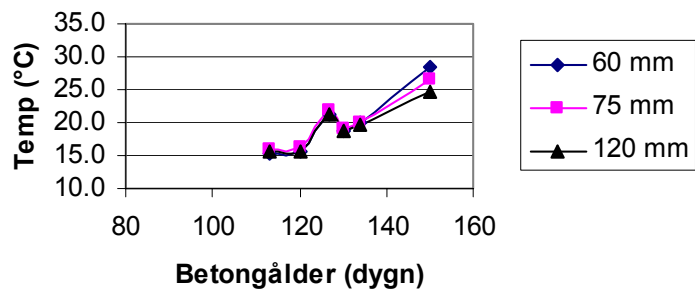
Betongtemperatur Rum 1:12



Betong-RF Rum 1:17

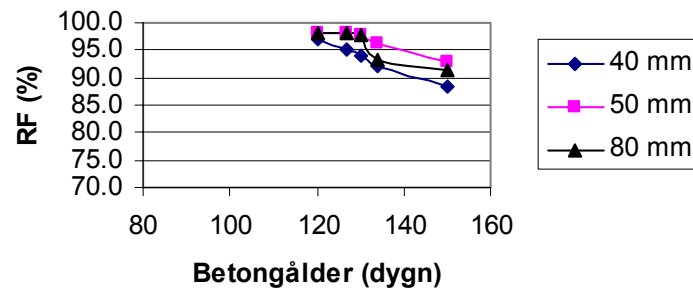


Betongtemperatur Rum 1:17

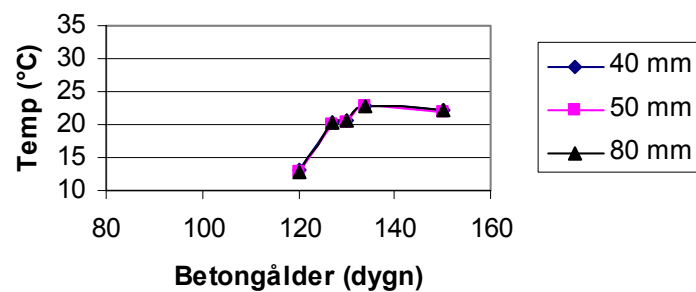


RF-mätning med Humi-Guard, kvarsittande givare

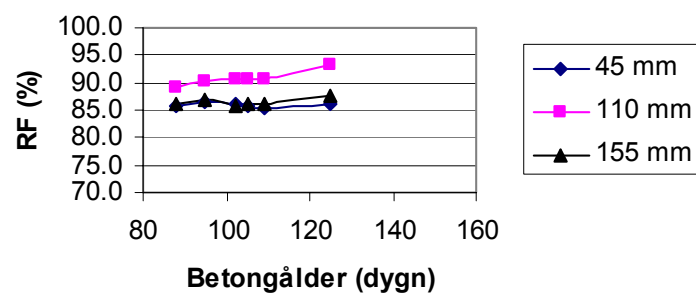
Betong-RF Rum 1:28



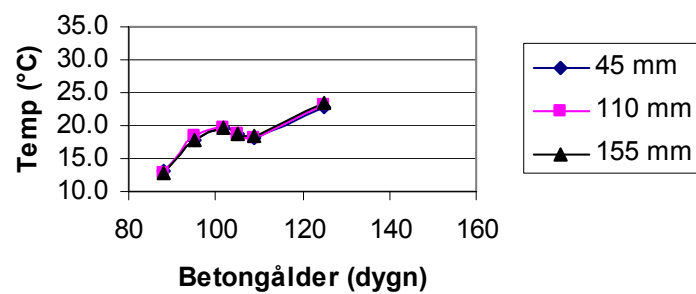
Betongtemperatur Rum 1:28



Betong-RF Rum 2:7

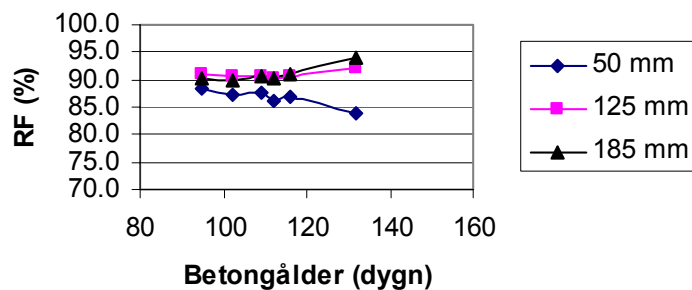


Betongtemperatur Rum 2:7

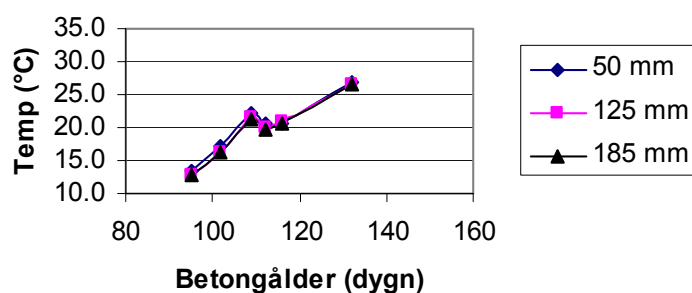


RF-mätning med Humi-Guard, kvarsittande givare

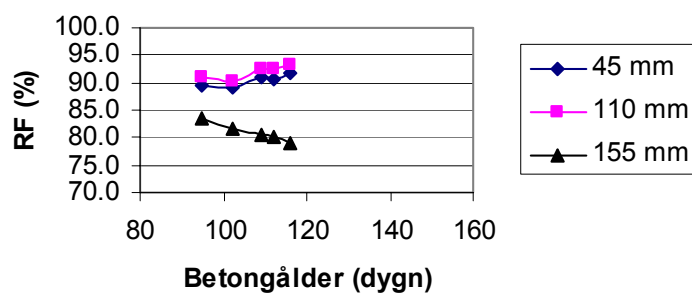
Betong-RF Rum 2:9



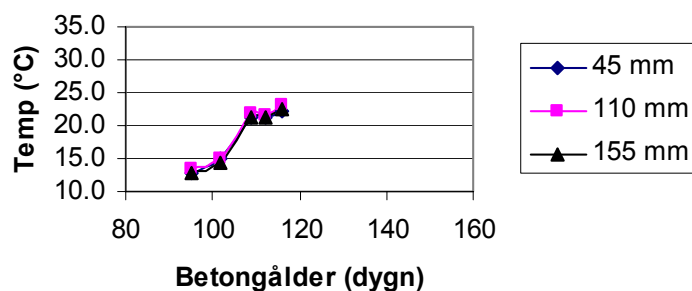
Betongtemperatur Rum 2:9



Betong-RF Rum 2:28



Betongtemperatur Rum 2:28



Mätning av RF på uttaget prov. Utförd av LTH

Rum	Betong	Mät djup	Gjut datum	2002-01-29	2002-02-04	2002-02-11	2002-02-21	2002-02-27	2002-03-05
1:1	K 45	45 mm	2001-09-26	89.5				83.5	
1:1	K 45	110 mm	2001-09-26	88.5				88.0	
1:1	K 45	150 mm	2001-09-26	88.5					
1:2	K 35	50 mm	2001-10-05			90.0		87.5	
1:3	K 35	50 mm	2001-10-05				84.0		
1:6	K 35	50 mm	2001-10-03	87.5					
1:6	K 35	80 mm	2001-10-03	87.0					
1:7	K 35	50 mm	2001-10-03	87.5					
1:7	K 35	80 mm	2001-10-03	88.0					
1:9	K 35	50 mm	2001-10-01			94.0	91.0	90.0	92.0
1:17	K 45	75 mm	2001-10-01				90.0		90.0
1:18	K 35	50 mm	2001-10-09	88.0				83.0	
1:18	K 35	80 mm	2001-10-09	87.0				83.5	
1:19	K 35	50 mm	2001-10-05					88.0	
1:19	K 35	80 mm	2001-10-05					90.0	
1:21	K 35	50 mm	2001-10-09			88.5			
1:22	K 35	50 mm	2001-10-09			87.5			
1:26	K 35	50 mm	2001-10-08			96.0	90.0		88.0
1:27	K 35	50 mm	2001-10-01			93.0	90.0		
1:28	K 35	50 mm	2001-10-01	95.5			91.0		91.5
1:28	K 35	80 mm	2001-10-01	95.5					
2:2	K 45	45 mm	2001-11-01	89.5				88.0	
2:2	K 45	110 mm	2001-11-01	91.0				88.5	
2:9	K 60	50 mm	2001-10-19				82.0		
2:9	K 60	125 mm	2001-10-19				87.0		
2:9	K 60	150 mm	2001-10-19				85.5		
2:28	K 60	45 mm	2001-10-19				86.5		
2:28	K 60	110 mm	2001-10-19				85.0		
2:28	K 60	145 mm	2001-10-19				86.5		
F-gång 1	K 45	50 mm	2001-10-22		94.5				
F-gång 1	K 45	80 mm	2001-10-22		96.0				
F-gång 2	K 45	50 mm	2001-10-29		95.0				
F-gång 2	K 45	80 mm	2001-10-29		97.0				

Slutmätning av RF på bottenplan. Utförd av RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Mätvärden gäller halva plattjockleken och redovisas exklusive mätosäkerhet.

1:1 RF: 87	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8	1:9 90	Hiss	1:17 91	F-gång 87
	1:10	1:11	1:12 88	1:13	1:14 87	1:15	1:16				
1:18 79	1:19	1:20	1:21	1:22	1:23	1:24	1:25	1:26 86	1:27	1:28	
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M

Plattjocklekar: 1:1 = 220 mm ; 1:2 – 1:9 = 100 mm ; 1:10 – 1:17 = 150 mm ; 1:18 – 1:28 + F-gång = 100 mm

Slutmätning av RF på plan 2. Utförd av RBK-auktoriserad fuktkontrollant

Mätvärden gäller halva plattjockleken och redovisas exklusive mätosäkerhet.

2:1	2:2	2:3	2:4	2:5	2:6	2:7	2:8	2:9			
	83					78			RF: 85		
										Hiss	
2:10	2:11	2:12	2:13	2:14	2:15	2:16	2:17				
2:18	2:19	2:20	2:21	2:22	2:23	2:24	2:25	2:26	2:27	2:28	
A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M

Plattjocklekar: 2:1 – 2:8 = 220 mm ; 2:9 = 250 mm ; 2:10 – 2:28 = 220 mm

Sammanställning av uttorkningsmetoder. Startdatum samt ungefärlig varaktighet

Rum	Betong	Plattjocklek	Gjutdatum	Sorptionsavfuktning	Elslingor	HP-torkning	Infravärme
1:1	K 45	220 mm	2001-09-26	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (2)	-	-
1:2	K 35	100 mm	2001-10-05	2001-12-18 +12 v	-	-	-
1:3	K 35	100 mm	2001-10-05	2001-12-18 +12 v	-	2001-11-20 +16 v	2002-02-11 +2 v
1:4	K 35	100 mm	2001-10-09	2001-12-18 +12 v	-	2001-11-20 +12v	-
1:5	K 35	100 mm	2001-10-09	2001-12-18 +12 v	-	2001-10-10 +17 v	-
1:6	K 35	100 mm	2001-10-03	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (2)	-	-
1:7	K 35	100 mm	2001-10-03	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (1)	-	2002-02-25 +2 v
1:8	K 35	100 mm	2001-10-08	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (2)	-	-
1:9	K 35	100 mm	2001-10-01	2001-12-18 +12 v	-	-	2002-02-11 +5 v
1:10	K 45	150 mm	2001-10-05	2001-12-18 +12 v	-	-	-
1:11	K 45	150 mm	2001-10-05	2001-12-18 +12 v	-	2001-11-20 +16 v	-
1:12	K 45	150 mm	2001-10-09	2001-12-18 +12 v	-	2001-11-20 +12 v	-
1:13	K 45	150 mm	2001-10-09	2001-12-18 +12 v	-	2001-10-10 +17 v	-
1:14	K 45	150 mm	2001-10-03	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (2)	-	-
1:15	K 45	150 mm	2001-10-03	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (1)	-	-
1:16	K 45	150 mm	2001-10-08	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (2)	-	-
1:17	K 45	150 mm	2001-10-01	2001-12-18 +12 v	-	-	2002-02-11 +5 v
1:18	K 35	100 mm	2001-10-09	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v	-	-
1:19	K 35	100 mm	2001-10-05	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (3)	-	-
1:20	K 35	100 mm	2001-10-05	2001-12-18 +12 v	-	2001-11-20 +16 v	2002-02-11 +2 v
1:21	K 35	100 mm	2001-10-09	2001-12-18 +12 v	-	2001-11-20 +12 v	-
1:22	K 35	100 mm	2001-10-09	2001-12-18 +12 v	-	2001-10-10 +17 v	-
1:23	K 35	100 mm	2001-10-03	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (2)	-	-
1:24	K 35	100 mm	2001-10-03	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (1)	-	2002-02-25 +2 v
1:25	K 35	100 mm	2001-10-08	2001-12-18 +12 v	2001-11-20 +16 v (2)	-	-
1:26	K 35	100 mm	2001-10-08	2001-12-18 +12 v	-	2002-02-11 +4 v	2002-02-11 +4 v
1:27	K 35	100 mm	2001-10-01	2001-12-18 +12 v	-	2002-02-11 +4 v	2002-02-11 +4 v
1:28	K 35	100 mm	2001-10-01	2001-12-18 +12 v	-	-	2002-02-11 +4 v
F-gång 1	K 45	100 mm	2001-10-22	2002-02-04 +6 v	-	-	-
F-gång 2	K 45	100 mm	2001-10-29	2002-02-04 +6 v	-	-	-

(1) : En elslinga ur funktion sedan byggstart.

(2) : En elslinga har gått sönder under byggskedet. Oklart när det hände.

(3) : Värmning enbart mellan 18.00 – 06.00

Sammanställning av uttorkningsmetoder. Startdatum samt ungefärlig varaktighet

Rum	Betong	Plattjocklek	Gjutdatum	Sorptionsavfuktning	Elslingor	HP-torkning	Infravärme
2:1	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:2	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:3	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:4	K 45	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:5	K 45	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:6	K 60	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:7	K 60	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:8	K 60	220 mm	2001-10-19	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:9	K 60	250 mm	2001-10-19	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:10	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:11	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:12	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:13	K 45	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:14	K 45	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:15	K 60	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:16	K 60	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:17	K 60	220 mm	2001-10-19	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:18	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:19	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:20	K 45	220 mm	2001-11-01	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:21	K 45	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:22	K 45	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	2001-12-21 +12 v	-	-
2:23	K 60	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:24	K 60	220 mm	2001-10-26	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:25	K 60	220 mm	2001-10-19	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:26	K 60	220 mm	2001-10-19	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:27	K 60	220 mm	2001-10-19	2002-01-14 +8 v	-	-	-
2:28	K 60	220 mm	2001-10-19	2002-01-14 +8 v	-	-	-

Resultat från uttorkningsberäkning med TorkaS, 2.0

Projekt: Järavallen

Namn: Rum 1:9

Företag:

2002-11-05

Byggnadsmaterial LTH

Förutsättningar

Platta på mark med underliggande mineralull

Gjutning : 1/10 2001

Betongtjocklek: 10 cm

Tätt hus : 16/12 2001

Vct: 0,62

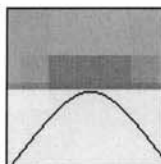
Torkstart : 16/12 2001

Silika: 0 %

Slutdatum : 13/3 2002

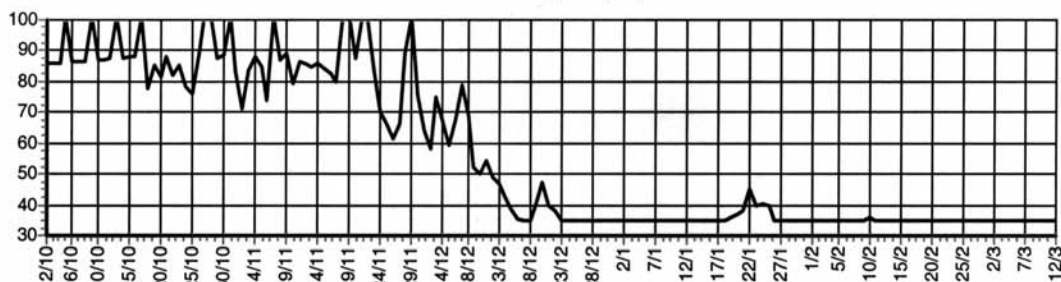
Vattenhalt: 183 l/m³

Ort : Sturup

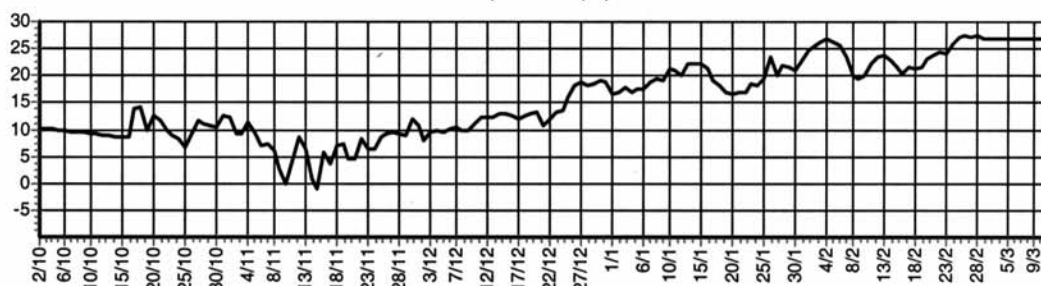
Cementhalt: 295 kg/m³

Torkklimat

Relativ fuktighet (%)

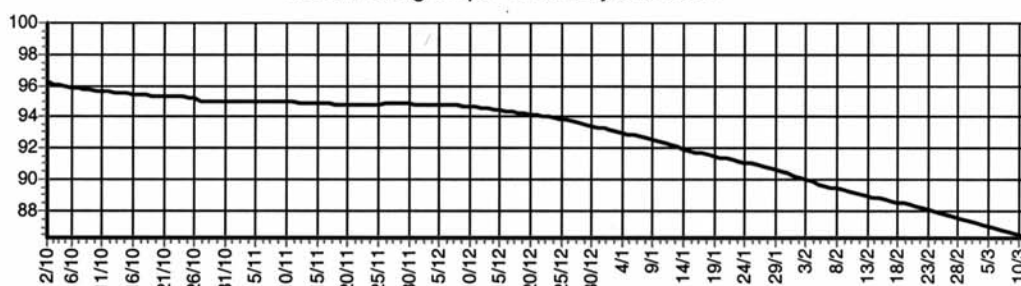


Temperatur (C)



Resultat från beräkning

Relativ fuktighet på 40% av tjockleken.



Resultat från uttorkningsberäkning med TorkaS, 2.0

Projekt: Järvallen

Namn: Rum 1:9

Företag:

2002-11-05

Byggnadsmaterial LTH

Förutsättningar

Platta på mark med underliggande tätt skikt

Gjutning : 1/10 2001

Betongtjocklek: 10 cm

Tätt hus : 16/12 2001

Vct: 0,62

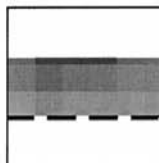
Torkstart : 16/12 2001

Silika: 0 %

Slutdatum : 13/3 2002

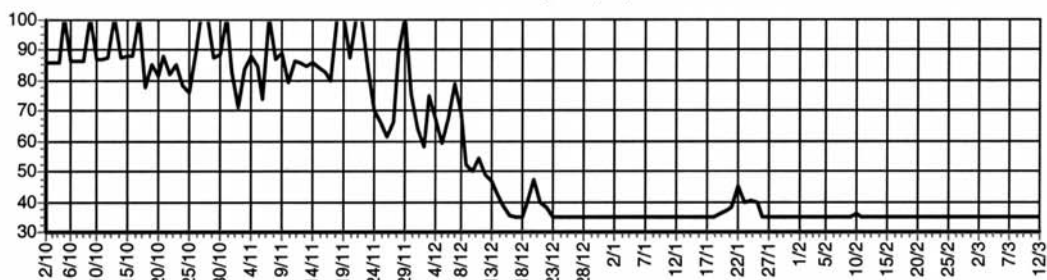
Vattenhalt: 183 l/m³

Ort : Sturup

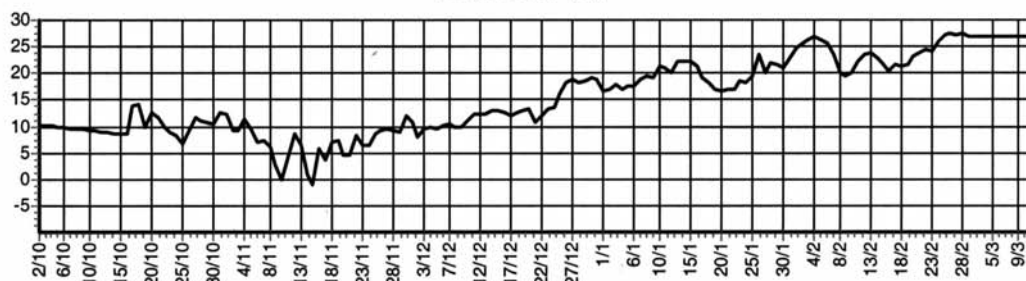
Cementhalt: 295 kg/m³

Torkklimat

Relativ fuktighet (%)

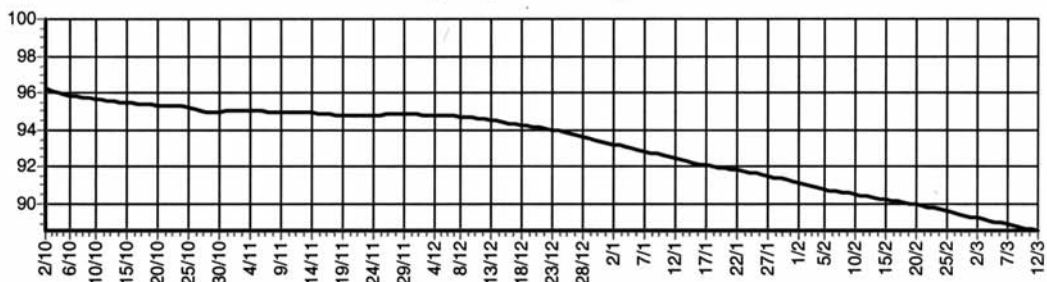


Temperatur (C)



Resultat från beräkning

Relativ fuktighet på 40% av tjockleken



Resultat från uttorkningsberäkning med TorkaS, 2.0

Projekt: Järvallen

Namn: Rum 1:17

Företag:

2002-11-05

Byggnadsmaterial LTH

Förutsättningar

Platta på mark med underliggande mineralull

Gjutning : 1/10 2001

Betongtjocklek: 15 cm

Tätt hus : 16/12 2001

Vct: 0,50

Torkstart : 16/12 2001

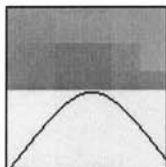
Silika: 0 %

Slutdatum : 13/3 2002

Vattenhalt: 180 l/m3

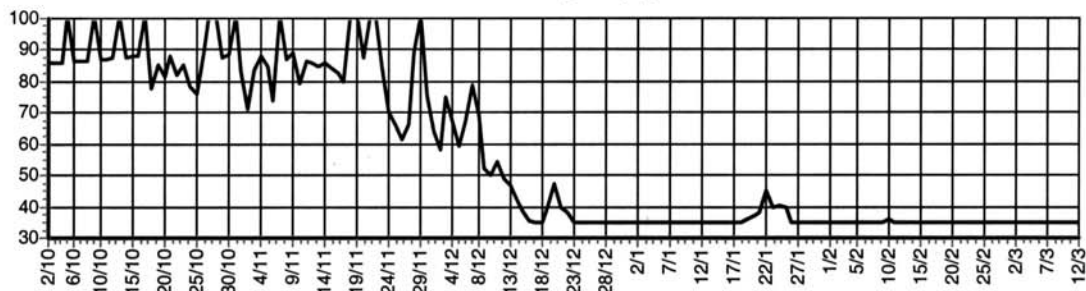
Ort : Sturup

Cementhalt: 360 kg/m3

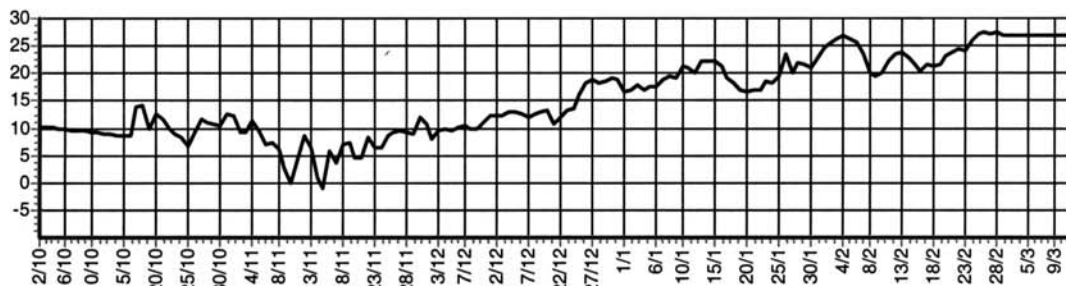


Torkklimat

Relativ fuktighet (%)

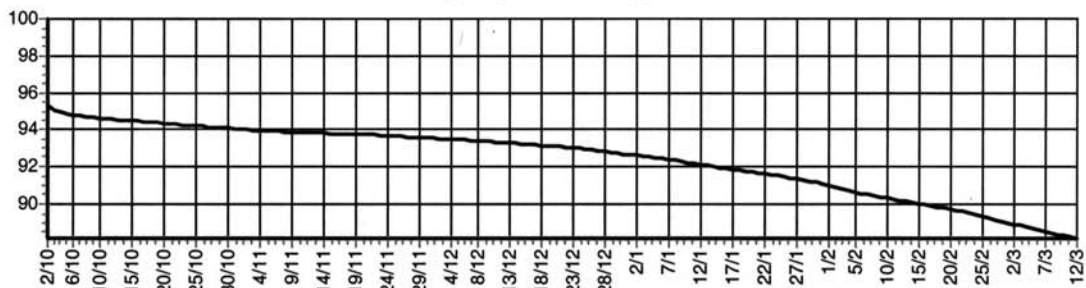


Temperatur (C)



Resultat från beräkning

Relativ fuktighet på 40% av tjockleken.



Resultat från uttorkningsberäkning med TorkaS, 2.0

Projekt: Järavallen

Namn: Rum 1:17

Företag:

2002-11-05

Byggnadsmaterial LTH

Förutsättningar

Platta på mark med underliggande tätt skikt

Gjutning : 1/10 2001

Betongtjocklek: 15 cm

Tätt hus : 16/12 2001

Vct: 0,50

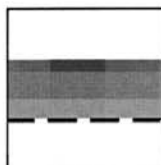
Torkstart : 16/12 2001

Silika: 0 %

Slutdatum : 13/3 2002

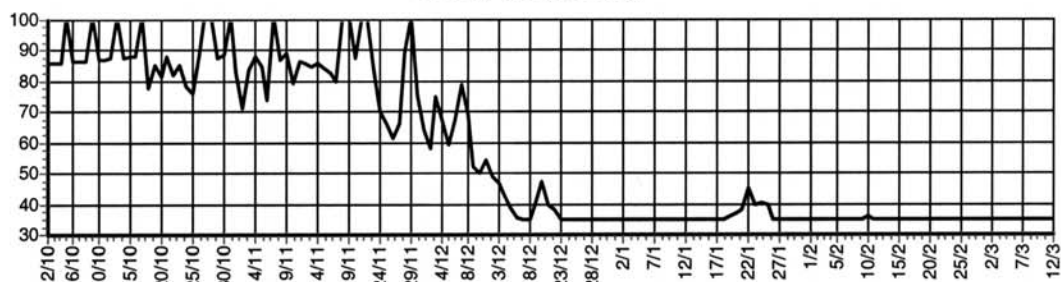
Vattenhalt: 180 l/m³

Ort : Sturup

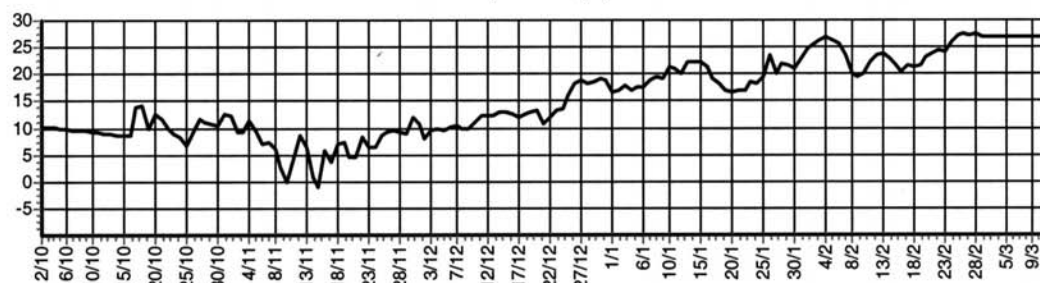
Cementhalt: 360 kg/m³

Torkklimat

Relativ fuktighet (%)

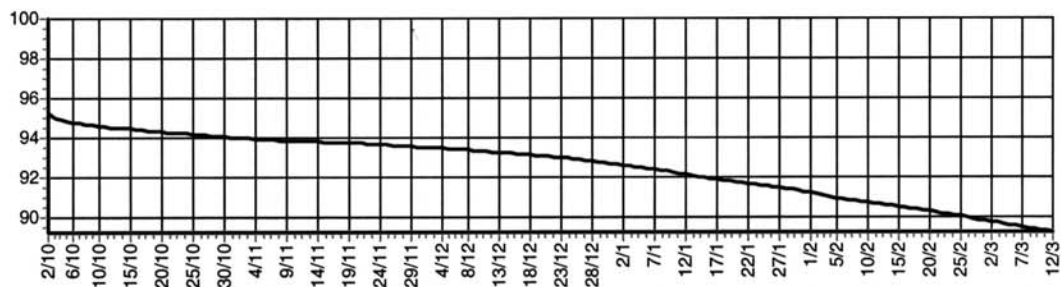


Temperatur (C)



Resultat från beräkning

Relativ fuktighet på 40% av tjockleken



Resultat från uttorkningsberäkning med TorkaS, 2.0

Projekt: Järavallen

Namn: Rum 2:7

Företag:

2002-11-27

Byggnadsmaterial LTH

Förutsättningar

Mellanbjälklag med plattbärlag

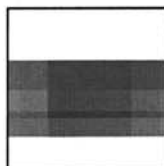
Gjutning : 19/10 2001

Tätt hus : 14/1 2002

Torkstart : 14/1 2002

Slutdatum : 13/3 2002

Ort : Sturup



Betongtjocklek: 18 cm

Vct: 0,38

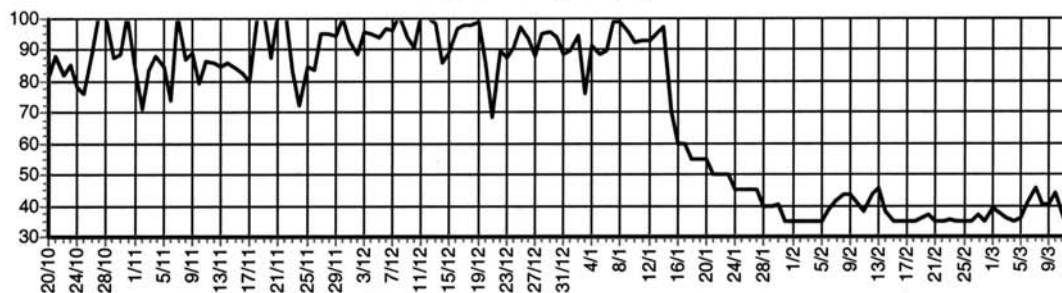
Silika: 5 %

Vattenhalt: 160 l/m3

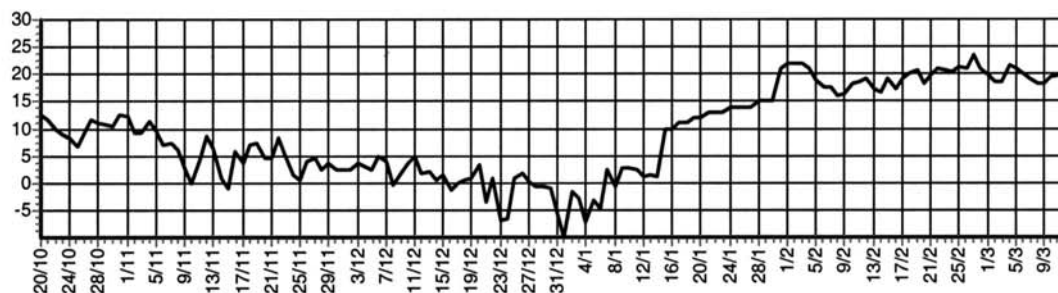
Cementhalt: 421 kg/m3

Torkklimat

Relativ fuktighet (%)

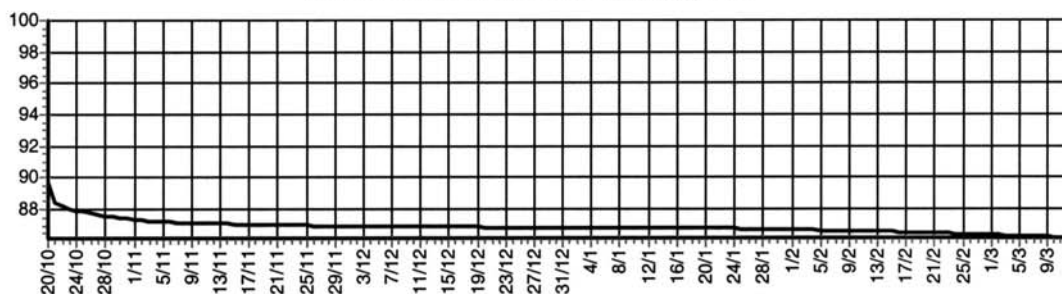


Temperatur (C)



Resultat från beräkning

Relativ fuktighet på 25% av tjockleken.



Resultat från uttorkningsberäkning med TorkaS, 2.0

Projekt: Järavallen

Namn: Rum 2:9

Företag:

2002-11-27

Byggnadsmaterial LTH

Förutsättningar

Mellanbjälklag med plattbärlag

Gjutning : 19/10 2001

Tätt hus : 14/1 2002

Torkstart : 14/1 2002

Slutdatum : 13/3 2002

Ort : Sturup

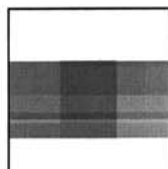
Betongtjocklek: 21 cm

Vct: 0,38

Silika: 5 %

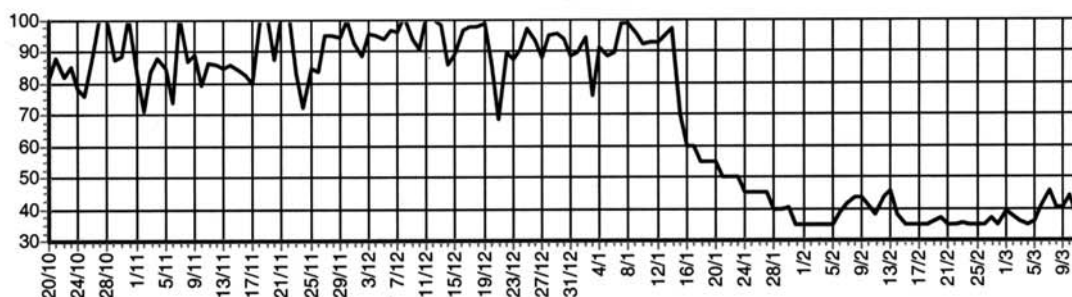
Vattenhalt: 160 l/m3

Cementhalt: 421 kg/m3

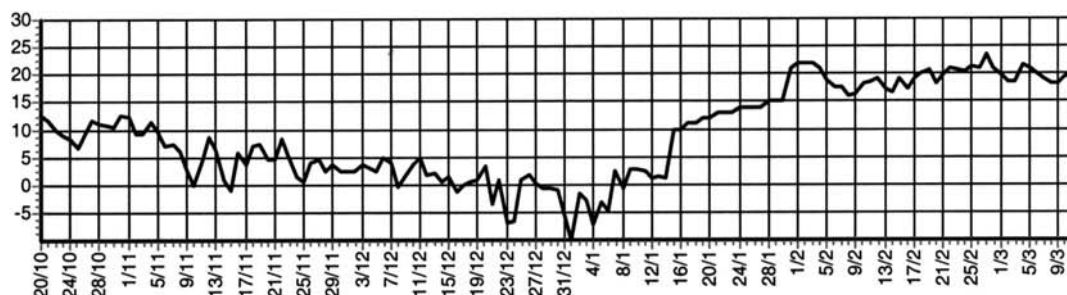


Torkklimat

Relativ fuktighet (%)



Temperatur (C)



Resultat från beräkning

Relativ fuktighet på 25% av tjockleken.

