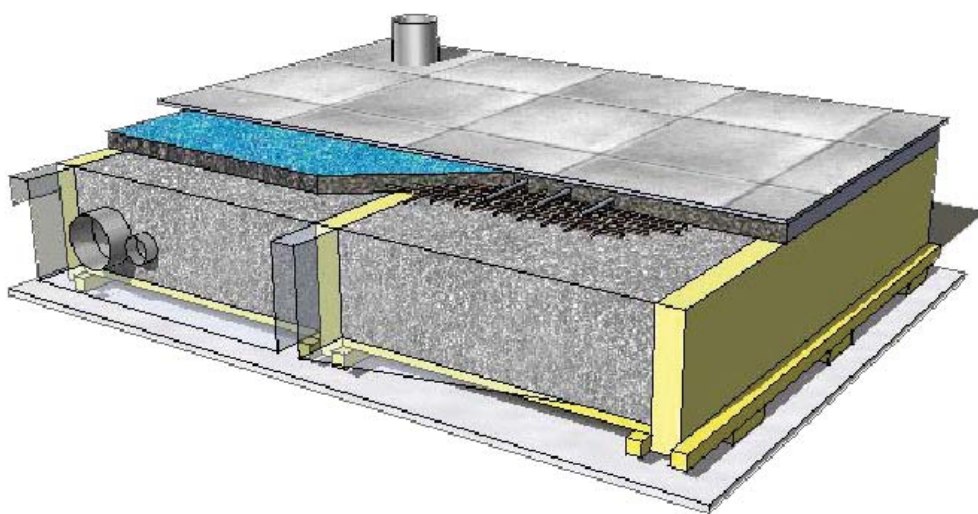


# Stabila bjälklag för säkra våtrum

Innovativ kombination av trä och EPSCement

Examensarbete i Byggnadsteknik  
vid Högskolan i Gävle





Joakim Östberg

## **Stabila bjälklag för säkra våtrum**

Innovativ kombination av trä och EPSCement

Examensarbete i Byggnadsteknik





## Förord

Detta examensarbete utfördes under försommaren 2006 vid Högskolan i Gävle, Institutionen för Teknik & Byggd Miljö och SP Trätek, i samarbete med EPSCement, båda i Stockholm. Examensarbetets omfattning motsvarar 10 poäng och skrevs på C-nivå.Handledare och tillika initiativtagare för arbetet var Anders Rosenkilde och Joakim Norén, båda aktiva vid SP Trätek.

Hans Alstermo vid EPSCement har tillhandahållit erforderligt materiel för att möjliggöra dessa tester.

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare och alla andra som har delat med sig av sina synpunkter och kunskaper i samband med genomförandet av detta examensarbete. Jag vill även rikta ett stort tack till EPSCement som bidragit med kunskap och material vilket har möjliggjort en experimentell studie.

Stockholm den 12 juni 2006

Joakim Östberg

## Abstract

The inquiry of clinker bathroom floors with underfloor heating has increased sharp over the last decades. In the same time period the damage due to moisture has increased in wet rooms. Wet rooms on intermediate beams made of wood have shown to be especially vulnerable to this kind of moisture damage. The explanation for this is that the beam constructions made of wood swell and shrink in a variable climate. These motions can lead to a broken moisture barrier, which often leads to a more extensive damage. The background of this examination study is to see if an EPS ballast based lightweight concrete can be used to stabilize the intermediate wood beam construction.

This report is the result of a preliminary study with a main aim on looking at how wood will be affected while being cast in the mould of a moistures lightweight concrete. In the study research have been made on how much moisture wood absorb from the concrete mass. Seven samples of wood with changing moisture ratio and a variety of moisture resistant materials was cast in the mould of an EPSConcrete mass, to see how these affect the moisture absorption. The different kind of moisture resistant materials that was tested in this study was a polyethylene plastic film, floor primer, AquaStop (a moisture barrier for wet rooms) and a liquid hard wax. Two of the test samples remained untreated. Through continuous measurements of the moisture ratio gradient for each of the test samples a number on how large ranges of moisture wood absorb could be made.

The result shows that the range of hygroscopic variations for each of the seven test samples was to be seen, depending on the initial moisture ratio and moisture resistant material. The measurements shows that an untreated sample of wood with a high initial moisture ratio (15-18%) hade smaller tendency to absorb moisture depending on that the equilibrium moisture ratio that was find in the lightweight concrete was closer to the initial moisture ratio for this sample. An increase of the moisture ratio by 5% was to be seen for this untreated test sample that had an initial moisture ratio of about 14%. On the other hand the untreated test sample with a smaller initial moisture ratio (10-12%) showed a larger tendency to absorb moisture. The increasing of the moisture ratio for this sample was about 10%. To use wood with a moisture ratio <15% to be cast in the mould by an EPSConcrete should be avoided. Concerning the moisture resistant material that was tested the polyethylene plastic film and the AquaStop showed good moisture resistant qualities. With the polyethylene plastic film test sample the increase of the moisture ratio was insignificant, while the AquaStop sample increased as highest 3-4%. Both of these two moisture resistant material and especially the polyethylene plastic film can be used in beams with a low moisture ratio (<15%). The samples that were tested with primer and wax indicated inferior results and can for the present not be recommended as a moisture ratio resistant material in connection to being cast in the mould of an EPSConcrete and wood beam constructions. The sample treated with primer indicated an increased moisture ratio of 8% and the sample treated with wax around 6-8%.

Two types of gradient trials were made under the experimental part of the study, to see how the moisture ratio variation was though the entire cross-section. These trails indicated a higher moisture concentration in the lower parts of the test samples. The results showed on moisture ratios above 20% for several of the test samples, which indicated on one way dehydration.

In the study a preliminary sorption curve for EPSConcrete have been made. 25 test samples of EPSConcreate in groups of five were acclimatized in five different variations of saline climates. Through measurements a sorption curve could be made for the material.

The study has also resulted in a proposal construction solution for the combination of EPSConcrete and intermediate wood beams.

## Sammanfattning

Efterfrågan på klinkerbelagda våtrumsgolv med golvvärme har ökat markant under det senaste decenniet. Samtidigt har man sett en ökning av fuktrelaterade skador i samband med våtrum. Våtrum belagda på mellanbjälklag av trä har visat sig vara speciellt utsatt för fuktrelaterade problem. Detta beror på att bjälklagskonstruktioner av trä krymper och sväller vid varierade klimat. Dessa rörelser har visat sig leda till bl a spruckna tätskikt, vilket i sin tur ofta leder till omfattande fuktskador. Bakgrunden till detta examensarbete är att se om en EPSballastbaserad lättbetong kan medverka till att stabilisera mellanbjälklag av konstruktionsvirke.

Denna rapport är resultatet av en förstudie där huvudsyftet var att undersöka hur trävirke påverkas av att gjutas in med en fuktig lättbetongmassa. I studien undersöktes hur stor fuktvandringen var mellan lättbetongmassan och trävirket. Sju provkroppar av trävirke med skiftande initial fuktkvot belagda med olika fuktskydd göts in i EPSCement för att se hur detta påverkade fuktupptagningen i trävirket. De fuktskyddande material som testades utgjordes av polyetenplast, golvprimer, AquaStop (fuktspärr för våtrum) samt ett flytande hårdvax. Två av proven förblev obehandlade. Genom kontinuerliga mätningar av fuktkvotsgradienten i varje prov gick det att utläsa hur stor fuktupptagningen i träet blev.

Resultaten visar att fuktupptagningen varierade mellan de sju olika provkropparna, beroende på vilken initial fuktkvot och fuktskyddande material dessa hade. Mätningarna visar att ett obehandlat trävirke med en högre initial fuktkvot (15-18 %) hade mindre benägenhet till uppfuktning beroende på att jämviktsfuktkvoten för trä materialet i det klimat som återfanns i lättbetongmassan låg närmare den initiala fuktkvoten för dessa prov. En fuktkvotshöjning på ca 5 % kunde utläsas för det obehandlade provet som hade en initial fuktkvot på ca 14 %. Däremot påvisade det obehandlade trävirket med en lägre initial fuktkvot (10-12 %) en större benägenhet till fuktupptagning. Fuktkvotsökningen var för detta prov över 10 %. Därav bör inte ingjutning av EPSCement i bjälklag med en fuktkvot <15 % utan att bjälkarna fuktskyddas. Beträffande de olika fuktskyddande material som testades så visade både polyetenplastfolien och AquaStop bra fuktskyddande egenskaper. Med plastfolie var fuktkvotshöjningen i virket obetydlig medan AquaStop visade en fuktkvotsökning på som högst 3-4 %. De prover som applicerades med primer och vax visade bristfälliga resultat och kan tillsvidare inte rekommenderas som fuktskyddande material i samband med ingjutning av EPSCement i våtrumsbjälklag av trävirke. Primerprovet visade som högst en fuktkvotshöjning på ca 8 % och de vaxade proverna en fuktkvotshöjning motsvarande ca 6-8 %.

Även två typer av gradientprover utfördes under den experimentella delen av studien, för att se hur fuktkvoten varierade genom hela tvärsnittet. Dessa visade att fuktkoncentrationen i provkropparnas nedre delar var högre än väntat. Resultaten visade fuktkvoter på över 20% för flera av proverna, vilket tydde på en ensidig uttorkning.

I studien har en preliminär sorptionskurva för EPSCement även tagits fram. Detta utfördes genom att låta 25 materialprover av EPSCement i grupper om fem aklimatiseras i exikatorer med fem olika saltlösningsklimat.

Studien har även resulterat i ett konstruktionsförslag för ett våtrumsbjälklag avsett för ingjutning av EPSCement.

1	Inledning .....	3
1.1	Bakgrund .....	3
1.2	Syfte .....	4
1.3	Metod .....	4
1.4	Avgränsningar .....	4
2	EPSCement .....	5
2.1	Råvaran.....	5
2.1.1	EPS .....	5
2.1.2	Cement .....	5
2.1.3	Tillsatser .....	6
2.1.4	Vatten .....	6
2.2	Produkten .....	6
2.3	Materialegenskaper .....	8
3	Trä .....	9
3.1	Fakta om råvaran.....	9
3.2	Trädets uppbyggnad .....	9
3.3	Fuktegenskaper.....	11
3.3.1	Viktiga begrepp .....	12
3.4	Mekaniska egenskaper .....	12
3.5	Beständighet .....	13
4	EPSCement i träbjälklag .....	15
4.1	Kombinationen .....	15
4.1.1	Andra fördelar .....	15
4.2	Branschrekommendationer.....	15
4.3	Lösningförslag .....	16
5	Utförande och instrumentering.....	19
5.1	Teori .....	19
5.1.1	Torrviktsmetoden .....	19
5.1.2	Resistansmätningmetoden .....	19
5.1.3	Fukthalt.....	19
5.2	Praktiskt moment.....	20
5.2.1	Förstudie och testförsök .....	20
5.2.2	Provmaterial .....	21
5.2.3	Provkroppas.....	21
5.2.4	Utförande.....	22
5.3	Gradientprov.....	23
5.4	Sorptionskurva för EPSCement .....	24
6	Mätningar och resultat.....	25
6.1	Total vattenabsorption.....	25
6.2	Fuktkvotsmätning.....	25

6.3	Fuktkvotsgradienten .....	33
6.4	Sorptionskurva .....	34
7	Diskussion och slutsats.....	37
7.1	Diskussion .....	37
7.2	Slutsats .....	38
7.3	Framtida forskning .....	39
8	Referenser .....	41
	Bilagor.....	43

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Vid nybyggnation ser man idag att träbjälklag av konstruktionsvirke i kombination med golvvärme och keramiska plattor ibland medför problem på grund av fuktrörelser i konstruktionen. Dessa rörelser kan leda till skador i form av lösa plattor och i värsta fall spruckna tätskikt. Det har även konstaterats att våtrum utförda på mellanbjälklag av trä är speciellt utsatt för denna typ av problem. Vattenskadeundersökningar visar att andelen skador i tätskikt på våtrumsgolv under keramiska material är 84 procent mot 9 procent med tätskikt av plastmatta [1.7]. Idag är trenden tydlig vid nybyggnation och stambyten att badrum i allt större utsträckning beläggs med klinker och golvvärme. Dock är underkonstruktionen fortfarande den samma och detta har då lett till att problemen ökat de senaste åren. I tidigare studie med fokus på ”Fuktrelaterade deformationen i mellanbjälklag” [1.1] undersöktes den initiala fuktkvotens betydelse för deformationer i trä. I denna studie utfördes fullskaligförsök där man lät bygga in mellanbjälklag med två olika fuktkvotklasser i två likadana enfamiljshus. Det ena bjälklaget byggdes av konstruktionsvirke med fuktkvot 18 % och det andra av fuktkvot 12 %. Konstruktionsvirke, fuktkvotklass 18, som används vid nybyggnation har idag en standardmässig fuktkvot motsvarande  $18 \pm 4$  %. Vad som kunde konstateras i studien var att rörelsen hos ett bjälklagsvirke 45x220 hade en varierande krympning upp till 10mm under den initiala uttorkningen. Studien påvisade med dokumenterade mätningar att konstruktioner med reducerad fuktkvot till 12 % vid nybyggnation medförde högre formstabilitet på grund av mindre fuktrelaterade rörelser.

Att reducera cc600 till cc300 i bjälklagskonstruktioner har varit ett omtalat tillvägagångssätt för att öka bjälklagets styvhet. Men detta medför samtidigt att vinkeländringarna vid varierade krympning ökar och medför än större risk för spruckna fogar och klinkerplattor. Ett annat problem med dagens konstruktionsmetoder är att de ofta bygger på en rad olika typer av skikt som ofta läggs på golvbjälkarna. Skikten kan utgöras av bland annat spånskivor, golvgips och olika golvvärmesystem som sedan skall pågjutats med en avjämningsmassa för att få önskat fall mot golvbrunnen. Problemet med detta är att det leder till ökade bygghöjder. Vid läckage kan detta även medföra att fukten kryper in mellan skikten och gör skadorna än värre.

För att motverka rörelserna i träbjälklagen finns det nu idéer om att gjuta in våtrumsbjälklaget med en formstabil, ”självtorkande”, EPSballastbaserad lättbetong s k EPSCement (EPS = expanderad polystyren). Genom att använda EPSCement som fyllnadsmassa mellan reglarna slipper man onödiga skivmaterial och kan direkt lägga på avjämningsmassan. I avjämningsmassan gjuts förslagsvis armering och golvvärme in vilket ger ett stabilt skikt ovanpå bjälklaget. Konstruktionen blir så pass formstabil att rörelserna i konstruktionsvirket i stort kan försummas. Redan idag används produkten vid stabilisering och utjämning av vindsbjälklag. Produkten riktar sig inte enbart mot nyproduktion utan även till ombyggnation eller renovering av äldre våtrum.

Målsättningen med detta arbete var således att ur ett första perspektiv se hur konstruktionsvirket påverkas fuktmässigt vid ingjutning av en blöt lättbetongmassa. Eftersom allt tillfört vatten åtgår i härdningsprocessen av EPSCement, kan materialet betraktas som ett ”självtorkande” material. Frågan var alltså om fuktpåverkan hos trävirket skulle bli tillräckligt liten att det rent utav skulle vara möjligt att gjuta direkt mot trä, utan att täcka in konstruktionen med en t ex en plastfolie. Eller finns det möjligen något lindrigare, mer lättapplicerat fuktavvisande material som skulle kunna passa väl för ändamålet.

## 1.2 Syfte

Examensarbetet syftade till att vara en förstudie med övergripande målsättning att undersöka om det finns förutsättningar till att få fram ett jämnt och styvt bjälklag av konstruktionsvirke i kombination med EPSCement. Förstudien syftade till att se hur trä påverkas vid ingjutning av EPSCementen. Fokus låg på hur fuktupptagningen i träet betedde sig och vad som ev. kunde göras för att minska denna. Målet var att försöka konstatera huruvida fuktpåfrestningen var skadlig eller inte. Var påfrestningen rent utav så pass liten att en fuktspärr helt kunde uteslutas. Syftet var även att utveckla en konstruktionslösning som medför mindre bygghöjd hos övergolvet än dagens lösningar. Om resultaten blir goda är syftet att genomföra ett FoU-projekt för att fullt ut verifiera olika konstruktionslösningar i praktiken.

## 1.3 Metod

Projektet genomfördes i två delar, en teoretisk studie och en mer praktisk laborativ studie. Den första delen omfattade en genomgång av tillgängliga materialegenskaper för EPSCement, samt en mindre fördjupning i trä som material och dess fuktrelaterade och mekaniska egenskaper. Den andra delen genomfördes som en experimentell studie med provning av bjälklagsvirke i reducerad skala. Provnings utfördes med virkesprover ingjutna i EPSCement där huvuddelen låg på virkets fuktrelaterade fysikaliska förändringar. Vid provningen registrerades temperaturer, relativ luftfuktighet och fuktkvoten i bjälkarna. Utförliga mätningar av fuktkvotsgradienten genomfördes med två olika metoder, resistansmetoden och torrviktsmetoden.

Dessutom genomfördes försök för att skapa en sorptionskurva för materialet EPSCement.

Projektets båda delar utfördes som ett examensarbete vid Högskolan i Gävle och SP Träteknik i Stockholm, i samarbete med EPSCement, Stockholm.

## 1.4 Avgränsningar

Tidsbegränsningen om tio veckor gjorde det omöjligt att genomföra några fördjupande undersökningar, när det gäller såväl den teoretiska men i synnerhet den praktiska delen av studien. Antalet prov kom att vara få vilket medförde att det inte kan läggas en fullständigt vetenskaplig och väldefinierad vikt vid resultaten. Dessa kan dock ge en god vägledning över vilka resultat man kan vänta sig vid ytterligare forskning.

Det hade varit fördelaktigt att se förändringar över ett längre tidsperspektiv för att få en så intressant och rättvis bedömning av materialkombinationens egenskaper som möjligt.

Ingjutningsförsöken genomfördes inomhus i en lokal där rådande klimatet var ca 20°C och en relativ luftfuktighet på ca 55 %, vilket möjligen inte stämmer helt överens med den verkliga situationen. Detta kan medföra att variation i relativ luftfuktighet och temperaturer blir annorlunda mot vad de skulle ha blivit med ett fullskaligförsök i ett nybyggt hus.

## 2 EPSCement

### 2.1 Råvaran

Avsnittet beskriver i korthet egenskaper och tillverknings sätt av de olika beståndsdelarna i produkten.

#### 2.1.1 EPS

EPS - Expanderad Polystyren är ett isolermaterial som i färdig form består av 98% luft och 2% polystyren, se figur 2.2. Den höga porositetsandelen gör materialet till ett bra isolermaterial. EPS är en sk styrenplast och ligger inom gruppbenämningen ”Cellplast”. Framställningen av EPS utförs genom att låta polystyrenpärlorna absorbera 4-7 procent pentangas. Därefter värms pärlorna upp i mättad vattenånga och materialet expanderar upp till 50 gånger sin ursprungliga volym. Pentan är en kolväteförening ( $C_5H_{12}$ ) och är en lättflyktig gas. Merparten av pentangasen frigörs vid tillverkningen och ersätts med vanlig luft. Ozonskiktet påverkas inte av den frigjorda pentangasen.

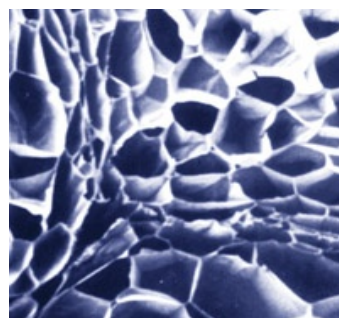
Över grundvattenytan så är fuktupptagningen i EPS i det närmaste försumbar. EPS absorberar i dessa lägen endast 2-4% vatten vilket gör att den fortfarande kan behålla sin goda isolerförmåga. EPS är även tygodkänd som ett kapillärbrytande material. Materialet har mycket låg densitet, endast ca  $20 \text{ kg/m}^3$ . [1.3] Cellplast är ett av de vanligaste isolermaterialen inom byggbranschen och har funnits på byggmarknaden sedan 1950-talet. Råmaterialet till EPS tillverkas av råolja. Västvärden står för 86 % av oljeproduktionen i världen och inom Europa används 4 % till plastproduktion. Av dessa 4 % upptar EPS tillverkningen idag ca 0,2 %. [2.1] [2.3]

#### 2.1.2 Cement

Idag finns det en rad olika typer av cement på marknaden. Den absolut vanligaste och tillika används vid tillverkningen av EPSCement är *portlandcementen*. Namnet härstammar ifrån liknelsen med byggstenen Portland Stone, vilken har liknande



*Figur 2.1: Här visas en nyproducerad sfär av EPS. Dessa små sfärer återfinns som ballast i EPSCement. [3.1]*



*Figur 2.2: Förstoring av EPS, 98 % porer och 2 % polystyren. [3.2]*

kulör som betong baserat på portlandcement. Cement tillverkas genom att en blandning av finmalen lera och kalk bränns i ugnar vid 1450°C. Efter bränningen kyls materialet och små kulor/klumpar bildas, s k *cementklinker*. För att få fram den slutliga produkten mals sedan cementklinkern ner tillsammans med ca 5 % gips. Gips tillsätts för att kontrollera bindningstiden, vilken annars skulle bli allt för snabb. Cement är ett *hydrauliskt* bindemedel, vilket betyder att den hårdnar genom en kemisk reaktion med vatten för att sedan bilda ett material som är beständigt mot vatten. När cement kommer i kontakt med vatten bildas bland annat *kalciumphydroxid*, vilket gör materialet basiskt (högt pH-värde). När vatten och portlandcementen reagerar med varandra sker även en *exoterm* kemisk reaktion, d v s att värme utvecklas. [1.3]

### 2.1.3 Tillsatser

Med tillsatsmedel kan betongen karaktäristiska egenskaper modifieras både i färskt och hårdnat tillstånd. Det finns en rad olika egenskapsförändrande medel som t ex flyttillsatsmedel, vattenreducerande tillsatsmedel, luftporbildande tillsatsmedel, accelererande och retarderande tillsatsmedel [1.3]. När det gäller de kemiska tillsatserna i EPSCementprodukten så är företaget rätt förtegnat om att delge någon detaljerad information angående detta då dessa är en stor del av affärshemligheten.

### 2.1.4 Vatten

Tumregeln här säger att allt drickbart vatten kan användas vid betongblandning. Vatten med allt för hög salthalt som t ex västkustvatten bör undvikas. I övrigt ställs inga höga fodringar på vattenkvaliteten. Om bristfälligt vatten används vid blandning av betong kan dess hållfasthet och beständighet påverkas negativt [1.3].

## 2.2 Produkten

Betong är ett *kompositmaterial* som sammansätts av cement- eller kalkbaserade bindningsmedel, ballast, vatten samt ev. tillsatsmedel. Med kompositmaterial menas att det slutgiltiga materialet består av flera olika grundmaterial. EPSCement är således även det ett kompositmaterial som består av de viktigaste huvudkomponenterna som nämnts ovan. Som ballast används de lätta EPS kulorna, och med en lätt ballast får EPSCement även benämningen lättbetong.

Lättbetong med EPSballast är i sig ingen ny affärsidé eller produkt. Det finns en rad olika liknande produkter ute på marknaden i bland annat Europa och USA, t ex FoamLiteConcrete, USA [2.6]. Ofta används återvunnet rivningsmaterial av EPS, som sedan mals ner till mindre partiklar. Detta tillämpas bland annat av de svenska företagen Cellbetong Sverige [2.4] och Termozell [2.5]. Det finns även typer där sand tillsätts i ballasten för att öka hållfastheten. Båda dessa produkter, den med återvunnet rivningsmaterial och den med sand i ballasten har brister. Vid nermalning av rivningsmaterial är det svårt att kontrollera kornstorleken, *fraktionerna* hos ballasten. Malningen resulterar även med automatik i en uppruggad yta som absorberar betydligt mera vatten än en nyproducerad sfär av EPS. Ballastmaterialets storleksvariationer och skiftande kvalitet kan leda till en densitetsvariation mellan 3-60 kg/m<sup>3</sup>, vilket i sin tur påverkar och varierar värdet för tryckhållfastheten i slutprodukten. Problemet med att blanda i sand i ballastvolymen är att det ger en högre densitet på lättbetongen även om det samtidigt ger en viss hållfasthetsökning. Detta medför att en av styrkorna hos EPSCementen,

vilket är att hålla en så låg densitet som möjligt påverkas negativt. Den låga densiteten eftersträvas för att optimera EPSCementen till sin funktion som avjämningsmassa. Den lilla hållfasthetsökning som erhålls tillför inga drastiska materialegenskapsförändringar, då denna endast motsvarar några enstaka MPa och kan fortfarande inte mätas med konstruktionsbetong. EPSCement bör alltså inte jämföras med vanlig standardbetong som bland annat används vid bärande konstruktionsgjutning.

I Sverige finns sedan år 1999 ett företag som producerar lättbetong med EPSballast och benämner sig EPSCement. Företaget har en produktionsanläggning i Vallentuna strax norr om Stockholm, där de själva producerar sin EPS-ballast och blandar den med cement, säckvis för leverans till kund. Även i denna verksamhet har prover utförts med att använda rivningsmaterial i form av EPS [1.6], men funnit det ohållbart när det kommer till att få fram en så stabil och pålitlig produkt som möjligt. Genom att använda egenproducerad EPS-ballast kan de ha full kontroll på kornstorlekar och mängder, samtidigt som de får EPS med slutna celler vilket leder till minimal vattenabsorption. Detta medför att företaget även har full kontroll över tryckhållfasthet och torkningstider för sin produkt. Det som gör EPSCement och deras produkt så intressant är den patenterade processen som innebär att de via tillsatsmedel kan få cementen att fastna som ett lager kring EPS kulorna, s k ”coating”. Denna lösning har lett fram till en kundvänlig produkt där endast vatten behöver tillsättas vid blandning inför gjutning. Produkten skall i första hand förknippas som en utmärkt avjämningsmassa. Fram till idag har EPSCement använts främst till utjämning av vindsbjälklag, där behovet av ett stabilt underlag med goda materialegenskaper efterfrågas. Produkten har dock många potentiella användningsområden, t ex platta på mark, parkeringsdäck, värmeisolerande yttertak m m.

EPSCement finns idag som två olika typer. Den ena heter EC350K, som appliceras för hand och lämpar sig till mindre gjutningar som t ex badrum, tvättstugor eller liknande. Den andra heter EC350M och är en pumpbar lättbetongmassa för större ytgjutningar, t ex vindsbjälklag. Den sistnämnda har samma egenskaper som den förstnämnda men har en högre tryckhållfasthet, plus att den vid gjutning upplevs blötare och flyter ut bättre på underlaget. Företaget jobbar ständigt mot nya och förbättrade produkter. Det senaste tillskottet i produktskaran är något som skall heta EPSBetong. Även denna har liknande egenskaper som EC350K och EC350M men skiljer sig på så vis att den transporteras med betongbil färdigblandad till kund. [2.1]



Figur 2.3: Företagets och produktens logotyp [3.3]

## 2.3 Materialegenskaper

Förutom att EPSCementen är fukt-, frost- och brandsäker så ger den även ett värmeisolerande och ljuddämpande underlag. Den viktigaste egenskapen i detta sammanhang är dock att den i sig är väldigt formstabil. Materialets låga vikt gör att du får en lättbetong som endast väger 15 procent mot den ”vanliga” betongens vikt, m a o 2 ton lättare per kubikmeter.

Vid blandning av den färdiga produkten tillsätts endast vatten och processen är i sig ”själv-uttorkande”, d v s att hela den tillförda vattenmängden åtgår till själva härdningsprocessen i reaktion med cementen. EPSCement har likaså fördelaktiga torkningstider vilket gör materialet till ett attraktivt material idag då byggtiderna pressas allt hårdare.

EPSCementen är vid normala temperaturförhållanden (10–25°C) bearbetbar i 1 timma och en avjämningsmassa eller slipsats kan appliceras direkt på EPSCementen redan efter 12 timmar. Vid golv gjutning läggs alltid en armerad slipsats/ avjämning ovanpå själva EPSCementen. Detta görs på grund av att EPSCementen i sig inte har kapacitet att ta upp punktlaster. Med en armerad avjämningsmassa fördelas punktlasterna ut och helheten blir formstabil och stark. Inom 2-4 dygn efter gjutning är underlaget tillräckligt torrt för att beläggas med golvmaterial som t ex matta, klinker, parkett etc. Om motsvarande process skulle göras med vanlig betong dröjer det 3-6 veckor innan golvbeläggning är möjlig. Minsta totaltjocklek vid gjutning av EPSCement inklusive slipsats/avjämningsmassa är 50mm, och av dessa bör minst 20mm vara EPSCement. Detta grundas på två huvudfaktorer, nämligen för att lättbetongen skall bli självbärande men också för att uttorkningsförloppet inte skall ske allt för snabbt vilket kan inträffa om den läggs för tunn. Någon övre gräns på hur tjock gjutningen får vara finns inte. Själva EPSCementen behöver inte armeras, däremot rekommenderar de flesta leverantörer av slipsats/avjämningsmassa att armering utförs på ytor >10m<sup>2</sup>.

Tabell 2.1: Egenskaper hos EPSCement, uttorkat material. [2.1]

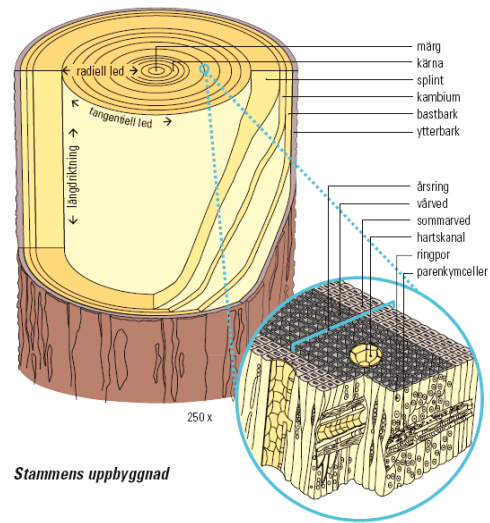
EPSCement - EC350K	EPSCement - EC350M
Densitet: 450 kg/m <sup>3</sup> (härdat material)	Densitet: 450 kg/m <sup>3</sup> (härdat material)
Tryckhållfasthet: 1,8 MPa	Tryckhållfasthet: 3,4 MPa
Böjdraghållfasthet: 0,5 MPa	Böjdraghållfasthet: 0,5 MPa
Värmeledningstal: 0,08 W/mK	Värmeledningstal: 0,08 W/mK
Ångpermeabiliteten, Z <sub>v</sub> : 1,9·10 <sup>4</sup> s/m	Ångpermeabiliteten, Z <sub>v</sub> : 1,9·10 <sup>4</sup> s/m
Brandklass: A2	Brandklass: A2

Betong är alltid mer eller mindre genomsläpplig för vatten. Dess förmåga att diffundera vatten eller vattenånga som står under tryck kallas *permeabilitet*. Denna bestäms genom betongens *vattencementtal*, vct. Enligt BBK 94 [1.11] uppfyller betongen kraven på vattentäthet om vct är högst 0,60 och om vikten vatten i betongmassan är högst 0,5 gånger av den sammanlagda vikten cement och ballast. EPSCement har ett vct på ca 0,40, och uppfyller också det senare kravet. Ångpermeabiliteten eller ånggenomgångsmotståndet för EPSCement står att läsa i tabell 2.1, uttryckt som Z<sub>v</sub>.

## 3 Trä



Figur 3.1: Tvärsnitt av gran. [3.4]



Figur 3.2: Trädets uppbyggnad. [3.5]

### 3.1 Fakta om råvaran

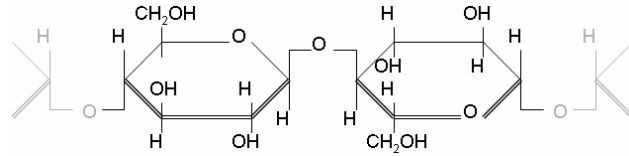
Trä är vårt lands äldsta traditionella byggnadsmaterial och har fortfarande en stark plats inom byggnadsindustrin. Vid dagens träförädling, från naturråvara till virkesproduktion erhålls ca 50 % virke och 50 % avfall räknat på råvaran. En viss del av avfallet kan dock utnyttjas till produktion av byggskivor och resten till exempelvis värmeutvinning. Trä används till allt ifrån stomkonstruktion till inredningsnickerier. I Sverige säger tumregeln att granvirket används till byggnadsvirke, medan virket från t ex tallen, används till invändiga snickerier.

### 3.2 Trädets uppbyggnad

En trädstams tvärsnitt består av märg, kärna, splint och bark, se figur 3.2. Märgen löper centralt genom hela stammen och omges av kärnan. Kärnbildningen sker först efter ca 30 år och innebär att vattentransporten blockeras i denna del av stammen. Samtidigt inlagras *extraktivämnen* t ex hartser (kåda) som ökar trädets beständighet. Eftersom vattentransporten i kärnan blockeras sker fuktupptagningen i denna del långsammare. Detta ger upphov till mindre fuktrelaterade deformationer än hos splintveden. Hos vissa trädslag, t ex tall, alm, ek och lärk är kärnveden mörkare än splintveden, medan det i trädslag som gran, bok och björk är omöjligt att rent visuellt urskilja någon skillnad. I veden som är ett samlingsbegrepp för kärna och splint finns även ett karaktäristiskt ringmönster i tvärsnittet. Dessa ringar är årsringar och återfinns som två typer, *vårved* och *sommarved* (tidigare benämning höstved). Vårveden är ljusare och består av stora tunnväggiga celler som är särskilt lämpade för vätsketransport, medan sommarveden är något mörkare och kompaktare i sin struktur, med tjockare cellväggar se även figur 3.1 och figur 3.2. Granen utgör ca 45 % av det totala virkesbeståndet i Sverige och har en normalålder för avverkning som ligger mellan 70-150 år. Granen kan bli 50 m hög och få en omkrets på 5 m. Vid avverkning har granen en fuktkvot på 30-40 % i kärnan och >100 % i splinten.

Ren trämassa är uppbyggt av *cellulosa*, *hemicellulosa* och *lignin*. Ligninet fungerar som lim och håller ihop cellulosan. Tillsammans skapar dessa komponenter trädets celler. I trämassan

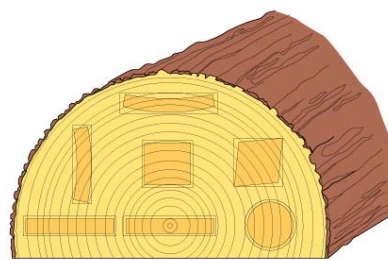
förekommer även extraktivämen som hartser, fetter, äggviteämen, garvämen och olika mineraler. Rent kemiskt är alla träslag uppbyggda med huvudsakligen 50 % kol (C), 6 % väte (H) och 43 % syre (O). Av dessa grundämen byggs den viktigaste föreningen samman, nämligen cellulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ), se figur 3.3. [1.3]



Figur 3.3: Två cellulosa molekyler sammanbundna med en vatten ( $H_2O$ ) molekyl, s k kemiskt bundet vatten. [1.4]

### 3.3 Fuktgenskaper

Trä är ett organiskt hygroskopiskt material som anpassar sina egenskaper efter omgivningens relativa luftfuktighet (RF). Dessa anpassningar medför bland annat fuktkvotsvariationer och formändringar. Vid minskad fuktkvot krymper materialet och vid ökad fuktkvot sväller det. Trä är även ett *anisotrop* material och med det menas att materialet har olika egenskaper i olika riktningar, radiell-, tangentiell- och i fiberriktningen, se figur 3.2. Hur virket är sågat ur trädet har också stor betydelse för hur deformationerna ter sig. En tumregel säger att de sågade bitarna i ett träd strävar efter att räta ut sina årsringar, se figur 3.4.



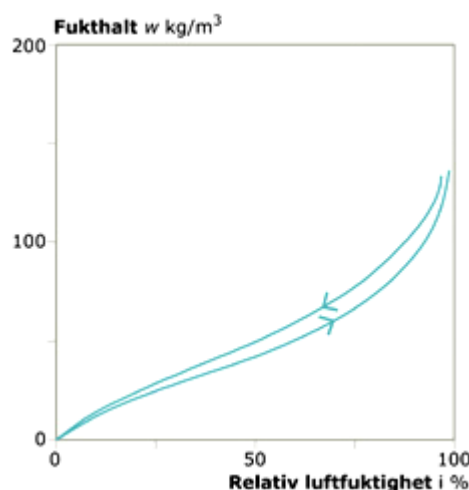
Figur 3.4: De formändringar som uppstår på grund av träets krympningsanisotropi. [2.2]

Tack vara sina *hygroskopiska* egenskaper sker en kontinuerlig fuktvandring i trä. Detta sker genom absorption och desorption vilket kräver att omgivande luft kan uppta eller avge en viss fuktmängd från eller till materialet. Både cellulosa, hemicellulosa och lignin är uppbyggda av molekyler med stor förmåga att genom vätebindningar binda till sig vattenmolekyler. Träs hygroskopi är alltså en direkt fysikalisk bindning av vattenmolekyler till bindingsställen i trästrukturen.

Vatten förekommer i trä som kemiskt bundet vatten, bundet vatten och fritt vatten. Ur fysikalisk synvinkel kan kemiskt bundna vattnet räknas bort och fokus läggs på de två sistnämnda som räknas till det förångningsbara vattnet. Vanligtvis definieras det förångningsbara vattnet som det vatten som avdunstar då materialet upphettas till 103°C. Vid torkning avdunstar först det fria vattnet från hålrummen i cellerna. När allt fritt vatten avdunstat men cellväggarna fortfarande är fuktmättade uppnås den så kallade *fibermättnadspunkten*, som för barrträd motsvarar en fuktkvot på 30 %. Det är dock i princip omöjligt att få en *jämviktshukt* på 30 % utan att fritt vatten fälls ut, då detta skulle motsvara ett konstant klimat med RF 100%.

Tabell 3.1: Krympningstal för de olika riktningarna hos några vanliga träslag som furu, gran m.fl [2.2]

Riktning	Procent
Tangentiellt	ca 8
Radiellt	ca 4
I fiberriktningen	ca 0,4
Volymändring	ca 12



Figur 3.5: Sorptionskurva för gran med densitet 420 kg/m<sup>3</sup>. [2.2]

### 3.3.1 Viktiga begrepp

- *Densitet*: är ett mått på den massa ett material har per volymenhet. Ett annat namn på detta är skrymmdensitet som till skillnad mot kompaktdensiteten tar hänsyn till materialets porositetsvolym.
- *Relativ luftfuktighet (RF)*: är ett mått på luftens fukttinnehåll och definieras som mängden vattenånga i en luftvolym i förhållande till den maximala mängd vattenånga samma volym kan innehålla.
- *Fuktkvot*: är ett mått på ett materials fukttinnehåll och definieras som förhållandet mellan andelen massa fukt i materialet och det torra materialets massa. Mäts i huvudsak i trä genom två olika metoder, torrviktsmetoden och resistansmätningmetoden.
- *Jämviktsfuktkvot*: är den fuktkvot ett hygroskopiskt material får bär det står i jämvikt med omgivande lufts fuktighet. Detta sker i ett s k asymptotiskt förlopp, d.v.s. att fuktkvoten närmar sig jämviktsfuktkvoten hastigt i början men mot slutet går det mycket långsamt.
- *Fibermättnadspunkt*: är den fuktkvot då cellväggarna i träet är helt mättade med vatten och alldeles innan ”fritt vatten” fälls ut i cellernas håligheter även kallad lumen.

### 3.4 Mekaniska egenskaper

Trä är ett konstruktionsmaterial som i relation till sin låga vikt har en förhållandevis hög hållfasthet. Hållfasthetsegenskaperna varierar med träets mekaniska egenskaper. Faktorer som kan påverka träets hållfasthet är träslag, densitet, fuktkvot, temperatur, fiberriktning i förhållande till belastning samt strukturavvikelse och virkesdefekter. Kvaliteten på råvaran kan variera från växtplats till växtplats, inom samma växtplats och inom samma träd. Ett kvistfritt virkestycke kan ha fyra till fem gånger större hållfasthet än ett som är kvistrikt. Detta är även anledningen till att hållfastheten varierar inom ett och samma träd, då grenpartierna ofta återfinns högre upp i trädet.

*Tabell 3.2: Ungefärliga värden för felfritt granvirke med densitet på ca 420 kg/m<sup>3</sup> och med en fuktkvot på c:a 12 %. [2.2]*

	I fiberriktningen [MPa]	Tvårs fiberriktningen [MPa]
Draghållfasthet	100	3
Tryckhållfasthet	50	7
Skjuvhållfasthet	10	5

I tabell 3.2 går det att notera att tryckhållfastheten i fiberriktningen för felfritt trä bara är hälften av draghållfastheten. Notera också att draghållfastheten tvärs fibrerna är mycket låg i förhållande till värdet i fiberriktningen. Till följd av detta spricker trä lätt vid torkning. Hållfastheten är som regel direkt proportionell mot träets densitet i absolut torrt tillstånd. Låg porositet medför en högre densitet och därmed en ökad hållfasthet.

Tabell 3.3: Densitet vid 12 % fuktkvot för olika träslag.[2.2]

Träslag	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]
Ask	550-800
Björk	630-670
Bok	670-720
Ek	680-750
Furu	480-530
<u>Gran</u>	<u>390-480</u>
Lärk	550-640
Mahogny	500-560
Teak	600-690

I tabell 3.3 finns en rad olika träslag och dess densitet presenterade. Där går att utläsa att gran har en förhållandevis låg densitet. Virkets fukttinnehåll påverkar i hög grad de mekaniska egenskaperna. En ökning av fuktkvoten innebär att hållfastheten och styvheten i materialet minskar. Tryckhållfastheten är i regel känsligare för fuktkvotsökning än draghållfastheten. Hållfastheten i fiberriktningen ändras i genomsnitt med 4-6 % för en ändring av fuktkvoten med 1%. Fukttinnehållet påverkar även s k *krypning*, med det menas att nedböjningen ökar med tiden vid konstant belastning. Är lastnivån tillräckligt hög kan krypningen leda till brott.

Vid långvarig exponering av höga temperaturer erhåller trä en permanent hållfasthetsförlust. Detta beror på att den uppstyvande ligninet mjuknar och inverkar i sin tur på fibrernas styvhet. Storleken på denna beror av träslag och hur hög exponeringstemperaturen är. [2.2]

### 3.5 Beständighet

Det finns ett stort antal arter av svampar som kan angripa trä. Dessa brukar delas in i två huvudgrupper, nämligen *missfärgande svampar* och *rötsvampar*. *Mögel-* och *blånadssvampar* är exempel på missfärgande svampar som vid angrepp inte påverkar vedens hållfasthet, även om förekomsten kan tyda på klimatförhållanden som kan ge upphov till röta. Ett missfärgande svampangrepp är alltså inte materialnedbrytande på samma sätt som ett rötsvampangrepp kan vara. Exempel på vanliga rötsvampar är *hussvamp*, *brunnrötesvamp* och *vedmussling*.

När det gäller risker för mögel- och rötsvampangrepp finns det alltid vissa grundförutsättningar som måste uppfyllas för att tillväxt skall kunna utvecklas. För att angrepp skall vara möjliga är förhållanden i fukt, värme, tid och näringstillgång av avgörande betydelse. Det mest gynnsamma tillståndet för olika svampangrepp är när träet når en fuktkvot strax under fibermättnad, alltså <30 %. Även om angripet trä torkas kan tillväxten fortgå ned till en fuktkvot kring 17 %. Detta beror på att svampen själv som en ämnesomsättningsprodukt producerar tillräckligt med vatten för att överleva. Ett icke angripet trä med en fuktkvot under 20 % utsätts inte för svampangrepp eller liknande. Mögel- och rötsvampangrepp återfinns i sura miljöer pH 2-10, men inte i basiska miljöer, som återfinns i andra material som t ex portlandcementbetong som har ett pH värde på ca 13.5. [1.3][1.8][1.9][2.7]

*Tabell 3.4: Översikt över risk för tillväxt av röta och mögelsvamp vid gynnsam tillväxttemperatur. [1.8]*

		Risk		
		Ingen	Liten- måttlig	Stor
Röta	Fuktkvot %	< 16	16-25	> 25
	RF %	< 75	75-95	> 95
Mögel	Fuktkvot %	< 15	15-20	> 20
	RF %	< 70	70-85	> 85

*Tabell 3.4: Översikt över risk för tillväxt av röta och mögelsvamp vid gynnsam tillväxttemperatur. [1.8]*

		Risk		
		Ingen	Liten- måttlig	Stor
Röta	Fuktkvot %	< 16	16-25	> 25
	RF %	< 75	75-95	> 95
Mögel	Fuktkvot %	< 15	15-20	> 20
	RF %	< 70	70-85	> 85

## 4 EPSCement i träbjälklag

### 4.1 Kombinationen

Att kombinera trä och EPSCement i bjälklag är något som hittills inte har prövats i någon större omfattning. Men att kombinera en ”självtorkande” lättbetong som EPSCement och trä har visat sig inneha en hög potential.

Rent gjutningstekniskt så innebär användningen av EPSCementen inga större svårigheter. När det gäller att gjuta i bjälklag är det dock viktigt att underlaget är tillräckligt stabilt. I mellanbjälklag består underlaget normalt av underliggande innertak utformat med t ex glespanel med en gipsskiva i botten. I dessa fall bör någon form av blindbottenförstärkning utföras innan gjutningen. Detta bör göras dels för att minimera riskerna för läckage i form av den våta massan till underliggande rum, och dels för att bära upp egenvikten för själva lättbetongen.

Det går inte att tillgodoräkna sig några hållfasthetshöjande egenskaper genom samverkan mellan materialen, på grund av att tryck- och draghållfastheten hos EPSCementen är relativt begränsad. Samverkan mellan EPSCement och trävirke är heller inget som eftersträvas. I händelse av samverkan mellan materialen skulle detta kunna orsaka stora spänningar vid större och mer omfattande gjutningar. Samverkan mellan materialen har naturligtvis mycket med vidhäftningen att göra. Beroende på hur bjälklaget är utformat så kan olika grad av vidhäftning förväntas. I äldre byggnader är det inte självklart att hyvlat konstruktionsvirke har använts, utan möjligen virke med en ohyvlat struktur som kan medföra större vidhäftning och därmed ökad samverkan. I nyproducerade hus används som regel alltid hyvlat konstruktionsvirke. Om en plastfolie samtidigt används mellan dessa så finns det enligt EPSCement ingen naturlig vidhäftning, och därmed ingen uttalad samverkan.

#### 4.1.1 Andra Fördelar

Konstruktionsmässigt ger denna kombination inte bara en stabil bjälklagskonstruktion utan en rad andra konstruktiva fördelar. Att bygghöjden hålls nere är en betydande fördel som i sig också spar flera olika moment under byggskedet. Installationer som avlopps-, vatten- och eldragningar är en annan del som underlättas, då dessa kan fixeras och gjutas in direkt i betongmassan. Golvvärmeslingor skall dock inte gjas in i betongmassan då denna är värmeisolerande. Däremot är det utmärkt att lägga golvvärme ovanpå EPSCementen då dess goda värmeisolerande förmåga gör att mindre värme går förlorad nedåt.

### 4.2 Branschrekommendationer

Det finns några branschråd och standarder som bör beaktas när det gäller utförandet av bland annat bjälklagskonstruktioner och våtrum. Nedan följer några exempel på sådana branschråd från Hus AMA 98 och Byggkeramik Rådet (BKR). AMA står för allmänna material och arbetsbestämmelser, som i sin tur refererar till SS, Svensk Standard. I Byggkeramik Rådet finns råd och anvisningar för användning av keramiska produkter.

Hus AMA 98:

”HSD.1 – Virke får, där inte annat anges, vid nybyggnad ha en fuktkvot som högst motsvara fuktkvotklass 18 enligt SS 23 27 40” [1.10] och i AMA-nytt 2/2002 förslag till ändringar, skall fuktkvoten uppgå till maximalt 18 %.

Byggkeramik Rådet (BKR) kap 5 Underlag:

#### ”5.1 Generella krav

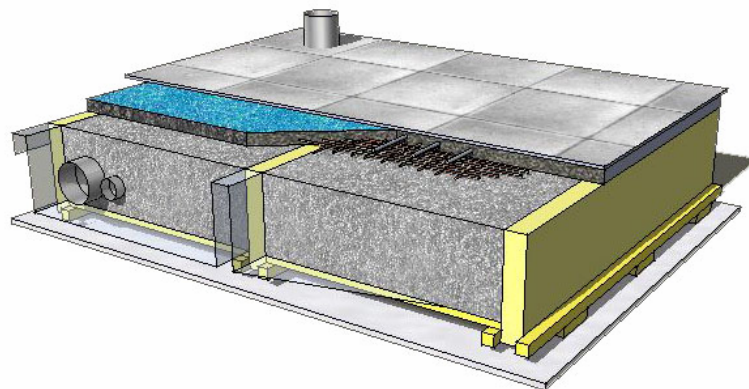
Vägg- och golvunderlag för plattsättning i våtutrymmen skall i första hand vara icke fukt-känsliga massivkonstruktioner såsom betong, lättbetong och putsade murverk.”

#### ”5.7.1 Fuktrörelser

Skivor får inte ha egenskaper som vid uppfuktning innebär rörelser i längdled och/eller buckling, som kan skada den keramiska konstruktionen. Enligt erfarenhet och praxis skall *skivor av trä inte* användas som underlag för keramiska väggbeklädnader. Som underlag för keramiska *golv*beläggningar, framför allt i enfamiljshus, är dock bjälklag med skivor av trä vanligt förekommande. För att hantera fuktrörelser vid förändringar i luftfuktighet i denna typ av underlag skall golvet beläggas med formstabil skivmaterial, alternativt avjämningsmassa med formstabila egenskaper och av tillverkaren rekommenderad för läggning på träunderlag.” [2.7]

### 4.3 Lösningförslag

När det gäller såväl nyproduktion som renovering kan följande förslag på utförande användas. Lösningen bygger på en blindbottenförstärkning av läktlister som fästs på bjälkarna och på denna kan sedan t ex en plywoodskiva vila. Om detta görs noggrant erhålls ett tillräckligt tätt och stabilt underlag för pågjutning av EPSCement. I lättbetongmassan gjuts de icke synliga ledningsdragningarna in vilket ur fuktskaderisken synvinkel är bra då rören hålls på plats. När lättbetongmassa har brunnit klart beläggs den med en slipsats/avjämningsmassa. Även om dessa typer av avjämningsmassor ofta innehåller armerande fibrer så bör ytterligare armering tillföras vid gjutning av ytor >10 m<sup>2</sup>. Armering tillförs för att motverka sprickbildningar på grund av rörelser hos träbjälklaget. I Anslutning till den gjuts även förslagsvis någon form av golvvärmeslinga in. Sedan återstår de sedvanliga tätskikten på vilken klinkerplattorna läggs.



Figur 4.1: Visar en tänkbar konstruktionslösning för EPSCementgjutet våtrumskbjälklag.

## Konstruktionsbeskrivning

1. Klinker med underliggande fukttätskikt.
2. Avjämningsmassa i en minsta tjocklek om 20 mm alternativt slipsats i minst 30 mm. För uppgift om minsta tjocklek för respektive avjämnings/slipsatsprodukt hänvisas till anvisningar från respektive leverantör
3. Golvvärme. Läggs ut på ytan av *EPSCement* före avjämnning/slipsats.
4. Armering av avjämningsmassa/slipsats med stålarmring.
5. Rörinstallationer (el, vatten).
6. *EPSCement* för ingjutning av rörinstallationer och uppfyllnad av golvytan.
7. Förbehandling med polyetenfolie över bjälkar och botten/blindbotten.
8. Blindbottenförstärkning av läkt och plywood.
9. Utrymme för ev. el-dragningar för undervåningen.

Genom möjligheten att gjuta avjämningsmassa eller slipsats direkt mot golvbjälkarna och EPSCementen vinnns en bygghöjd på ca 40 mm. Vinsten i bygghöjd motsvarar tjockleken för t ex golvspånskiva 22 mm, golvqipsskiva 13 mm. Dock bör denna bygghöjd till viss del utnyttjas för en tjockare pågjutning för att minska risken för sprickbildning. Angränsande rum består ofta av golvspån 22 mm + stegljuddämpare 2-3 mm + lamellparkett 14-15 mm vilket ger  $\approx 38-40$  mm, alltså bör höjd ovan regler i vårummet vara minst 40mm inklusive matta eller klinkerbeläggning.





## 5.2 Praktiskt moment

I de praktiska försöken som utfördes vid SP Träteks anläggning i Stockholm, gjordes provgjutningar med EPSCement och konstruktionsvirke i reducerad skala. Virket skyddades med olika fuktskyddande behandlingar för att se hur dessa påverkade eller motverkade fuktabsorption från EPSCementen. Dimensionerna på trävirket var 45x220mm vilket är en vanlig virkesdimension i mellanbjälklag. Fokus låg på att mäta fuktvandringen mellan EPSCementen och konstruktionsvirket. Med hjälp av en elektrisk fuktkvotsmätare av resistiv typ kunde provernas fuktkvoter bestämmas både före och efter gjutningen. Mätningar av RF och temperatur utfördes med en RF givare av typ Vaisala, alldeles intill virkets yta.

### 5.2.1 Förstudie och testförsök

Först utfördes en provgjutning där vissa grundläggande parametrar kring materialkombinationen och dess materialtekniska egenskaper konstaterades. Vissa planerade mätningmoment visade sig bli omöjliga att utföra. Bland annat fanns förhoppningar om att kunna plocka upp lösa ingjutna provbitar, vilket i det närmaste var omöjligt utan att förstöra provet. Det visade sig att vidhäftningen var betydligt mer omfattande än beräknat och en ”byråldseffekt” uppdagades. Tanken var att kontinuerligt kunna mäta massa och dimensionsförändringar genom att plocka upp proven allt eftersom provtiden fortlöpte. På grund av detta kom mätningar rörande krympning och svällning i träet att bli svåra att genomföra. Då det inte heller var den huvudsakliga faktorn som skulle undersökas i detta examensarbete lades detta åt sidan och fokus riktades in på fuktvandringen.

### 5.2.2 Provmaterial

Utifrån vad som kom fram vid testförsöket utformades en ny provenhet som kom att byggas med virkesdimensionen 45 x 220 mm och motsvarande storleken 500x3000 mm. I provenheten placerades sedan sju provbitar med varierande initial fuktkvot. Varje provbit kom att få längden 410 mm. Fyra olika typer av ytskiktsskydd applicerades på proverna, plastfolie, primer, aquastop och vax samt två helt obehandlade prov. Fem provbitar sågades ur samma virkesämne med en initial fuktkvot kring ca 11 %. De resterande två proven köptes nya dagarna före gjutningen och höll då en fuktkvot på 15-16 %. Dessa placerades i klimatskåp av 27° C och RF 90 %, för att försöka få så hög initial fuktkvot som möjligt, fuktkvoten i det yttre skiktet hamnade på ca 18 %, medan mittpartiet förblev oförändrad på grund av den kortvariga exponeringstiden i det nya klimatet. Allt trävirke som användes vid dessa försök var hållfasthetssorterad gran C24, densitet ca 400kg/m<sup>3</sup>, från Rörvik Timber, Myresjö.



Figur 5.2: Provenheten i sin helhet med de sju provkropparna utplacerade.

När provenheten och provkropparna var förberedda och klara göts dessa in med EPSCement, se figur 5.3. Den EPSCementprodukt som användes var EC350K, se tabell 2.1. Totalt gick fem säckar EPSCement åt vid gjutningen och dessa blandades med blandarvisp i en 100 liters tunna. Varje säck om 50 liter EPSCement blandades med 6,5 liter vatten., det vill säga en deciliter mer än vad som står i instruktionerna. Anledningen till detta var att få lättbetongmassan att fylla ut facken mellan provkropparna bättre.



Figur 5.3: Provenheten alldeles efter att igjutningen av EPSCementen var slutförd.

Felkälla att beakta:

- Provningsen genomfördes i reducerad skala vilket kan medföra felkällor i omfattning av fuktvandring och fuktutjämning då volymen EPSCement i dessa tester var relativt små.

### 5.2.3 Provkroppar

Enheten var i sig helt fuktskyddad med hjälp av 0,2 mm polyetenfolie/byggplast. De enskilda provkropparna var belagda med olika fuktskydd för att se om fuktupptagningen i provbitarna påverkas. Två av proven lämnades obehandlade som referensobjekt.

#### Skydd

Samtliga provbitar ändförseglades med silikon, *TREMCO*.



Figur 5.4: Fuktavvisande produkter som applicerades på provkropparna samt ändförsegling och inpassning.

1. **Obehandlad:** Provbiten är obehandlad, dock ändförseglad med byggsilikon.  
Initial fuktkvot: 10,7 % (medelvärde från första fuktkvotsmätningens gradient)
2. **Plastfolie:** Vanlig 0,2mm polyetenplast/byggplast.  
Initial fuktkvot: 10,8 % (medelvärde från första fuktkvotsmätningens gradient)
3. **Primer:** MAXIT, golv primer (MD16) Floor 4716 – spädbar styren/akrylat dispersion.  
Initial fuktkvot: 11,6 % (medelvärde från första fuktkvotsmätningens gradient)
4. **AquaStop:** CASCO, AquaStop 3635 – Styren Butadien dispersionsmembran  
Initial fuktkvot: 10,7 % (medelvärde från första fuktkvotsmätningens gradient)
5. **Vax:** SONAX, flytande hårdvax – avsedd för bilar och båtar.  
Initial fuktkvot: 9,5 % (medelvärde från första fuktkvotsmätningens gradient)
6. **Vax:** SONAX, flytande hårdvax – avsedd för bilar och båtar.  
Initial fuktkvot: 13,6 % (medelvärde från första fuktkvotsmätningens gradient)
7. **Obehandlad:** Provbiten är obehandlad, dock ändförseglad med byggsilikon.  
Initial fuktkvot: 13,7 % (medelvärde från första fuktkvotsmätningens gradient)

## 5.2.4 Utförande

### *Mätningar av Relativ luftfuktighet RF*

Tanken var från början att montera in en RF-givare så snart EPSCementen härdat tillräckligt för att inte täppa igen mätningshålet. Problem uppkom dock vid den första provgjutningen som berodde på att fuktigheten var så pass hög att det bildades kondens på givaren. Detta medförde att mätutrustningen visade felaktiga värden. Vid den andra gjutningen valdes istället att först efter fem dagar sätta ner mätaren och fann då att RF hade sjunkit till ca 90 %.

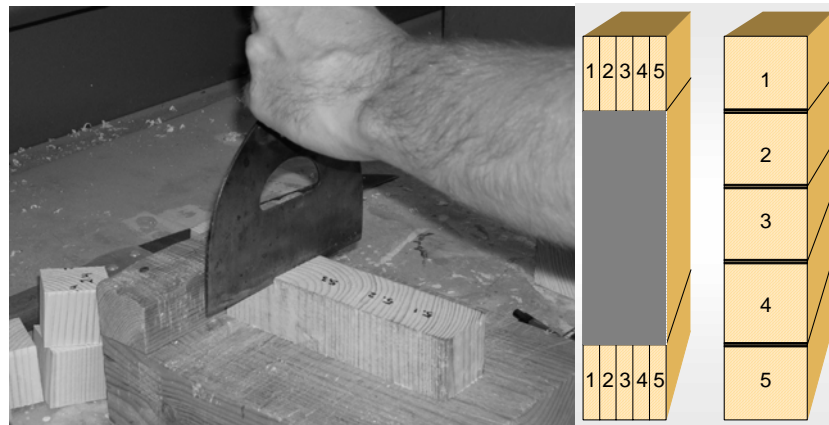
### *Mätningar av fuktkvot*

Det finns i regel två olika metoder att mäta en fuktkvot på, resistansmätning- och torr-viktsmetoden. I denna undersökning användes båda metoderna, fast vid olika tillfällen. Före gjutningen placerades mätdon i form av sex isolerade spikar i varje provbit. Dessa placerades med 5 mm, 11,25 mm respektive 22,5 mm ( $\pm 1$ mm) från kanten, se figur 5.4. En resistansmätare mäter alltid det lägsta motståndet eller motsatsen största ledningen. För att vara på den säkra sidan isolerades varje spik med tanke på eventuellt vatten, vilket skulle kunna medföra

att mätningarna blev felaktiga. Problem uppstod dessvärre efter gjutningen på grund av den exoterma egenskap som återfinns när cement reagerar med vatten, vilket medförde att temperaturen mitt i träbiten steg från 23°C till 45°C. Av någon anledning fungerade inte längre spikarna som mätton utan gav helt felaktiga värden. Orsaken till detta tros ha med värmeutvecklingen att göra men kan också bero på att isoleringen kring mätspikarna inte var tillräckligt tätt slutna, vilket i sin tur ledde till att fukt sögs in kapillärt under isoleringshöljet. Detta kan i sig ha medfört att ”fritt vatten” återfanns intill spikarna vilket ledde till missvisande mätresultat. För att kunna utföra kontinuerliga fuktkvotsmätningar användes då istället den utrustning som fanns till mätaren, d v s en slags slaghammare med tillhörande givare. Dessa fungerade på motsvarande sätt, men positionen av mätningarna blev då inte exakt den samma vid respektive mätning. Före gjutningen då bitarna hade applicerats med sina olika fuktspärrear utfördes mätningar där dess massa bestämdes. När fuktkvotsmätningarna av proverna bedömdes som klara togs hela enheten isär och på nytt mättes bitarnas massa. Utifrån detta gick det att utläsa hur stor massa vatten som totalt hade absorberats av varje prov. Efter detta sågades bitarna ner till mindre prover för att genom torrviktsmetoden utföra ett 5 gradientprov som visade respektive provs relativa fuktkvotgradient, se figur 5.5. Med gradientprov menas att undersöka variationen i fuktkvot över ett visst tvärsnitt.

### 5.3 Gradientprov

När proverna plockades ur provenheten uppmärksammades att fuktkvoten var något högre än väntat i de delar av proven som varit vända nedåt. Detta tydde på att avdunstningen endast hade skett uppåt, vilket var självklart då botten på enheten var helt inplastad. För att fastställa skillnaden mellan fuktkvoterna i toppen och botten av proven utfördes två olika typer av gradientprov. Det ena mätte den horisontella fuktkvotgradienten vid toppen respektive botten för varje prov. Den andra mätte vertikala fuktkvotgradienten genom varje provs hela tvärsnitt. Två tvärsnitt sågades ur respektive provbits mellanparti och delades sedan upp enligt figur 5.5.



Figur 5.5: Bilderna ovan visar hur gradientproven utformades utifrån de tvärsnitt som sågades ur respektive provkropp.

Processen med att ta fram gradientproverna var tvungen att ske snabbt så att fukten i bitarna ej skulle avdunsta innan vägning. Dessa stoppades i plastpåsar för att sedan vid invägning plockas upp bit efter bit. När alla prover var vägda torkades dessa i en torkugn vid 103°C. När allt förångningsbart vatten torkat ut efter ca 1 dygn vägdes bitarna på nytt och genom torrviktsmetoden kunde sedan fuktkvotgradienterna fastställas.



Figur 5.6: Bilden ovan visar gradientproverna, upplagda i torkugnen.

## 5.4 Sorptionskurva för EPSCement

Förutom provgjutningen gjordes även mätningar för att upprätta en sorptionskurva till materialet EPSCement, då denna ännu inte var framtagen. Detta gjordes genom att låta tjugofem materialprov acklimatisera sig i grupper om fem i speciella exikatorer med varierande saltlösningssklimat. Provbitarna sågades ur EPSCementblocken som göts vid det första provförsöket, sex dygn efter gjutningen. Proverna hade dimensionen 40 x 50 x 17 mm och vägdes innan de placerades i de nya klimaten. Kontinuerliga vägningar gjordes till en början med en veckas mellanrum, och mot slutet med bara ca tre dagars mellanrum. När provbitarna efter några veckor nått jämvikt med omgivande klimat d v s intagit ett stationärt viktstillstånd, torkades proven i värmeskåp vid 50° C för att inta torrt tillstånd. Genom torrviktsmetoden gick det sedan att få fram fukthalten för respektive prov. Dessa data kunde sedan sammanställas till en sorptionskurva.



Figur 5.7: EPSCementproverna utplacerade i exikatorerna, samt den utplacerade TinyTag, RF logger.

### Felkällor att beakta:

- Provbitarna som placerades i exikatorerna var väldigt spröda och risk för visst materialbortfall i form av små korn och damm var möjlig under mätperioden, även om dessa hanterades med största försiktighet.
- Exikatorerna användes samtidigt till andra mätningar, med risk för att klimatet kunde påverkas.
- På grund av det asymptotiska förloppet för att nå jämviktsfuktkvot hade proven med fördel kunnat få mer tid på sig att stabiliseras.

# 6 MÄTNINGAR OCH RESULTAT

## 6.1 Total vattenabsorption

Mätningarna av provernas totala viktökning på grund av uppfuktning visas i tabell 6.1 nedan. Värdena visar det aktuella mätdata som var före gjutningen och efter det att proverna plockats ur enheten. Som tagits upp tidigare så var tanken från början att genomföra kontinuerliga mätningar av den totala viktökningen. Men när detta inte gick så kunde endast detta resultat presenteras.

Tabell 6.1: Mätdata för procentuell total viktökning på grund av uppfuktning av materialproverna.

Prov	Behandling	$m_0$ (g)	$m_b$ (g)	$m_v$ (g)	Total viktökning
1	Obehandlad	1777	1901	124	7,0%
2	Plastfolie	1807	1810	3	0,2%
3	Primer	1773	1895	122	6,9%
4	AquaStop	1786	1866	80	4,5%
5	Vax	1839	1965	126	6,9%
6	Vax	1714	1789	75	4,4%
7	Obehandlad	1733	1804	71	4,1%

Aktuell massa vid provningen start [g],  $m_b$  = Massa uppfuktat tillstånd [g],  $m_v$  = Massa vatten [g]

Resultatet grundar sig på provens massa före gjutningen respektive vid provtagningens slut, d v s mellan den 11/5-06 och 24/5-06. Detta innebär att den totala fuktupptagningen förmodligen varit högre i början, i anslutning till gjutningen. Det går ändå att konstatera vissa grundläggande likheter mellan proverna efter ca två veckor. Prov 1, 2 och 5 har i princip ökat sin massa med 7 %, medan prov 4, 6 och 7 har ökat sin massa med ca 4 %. Att provet med plastfolie inte ökade något var väntat.

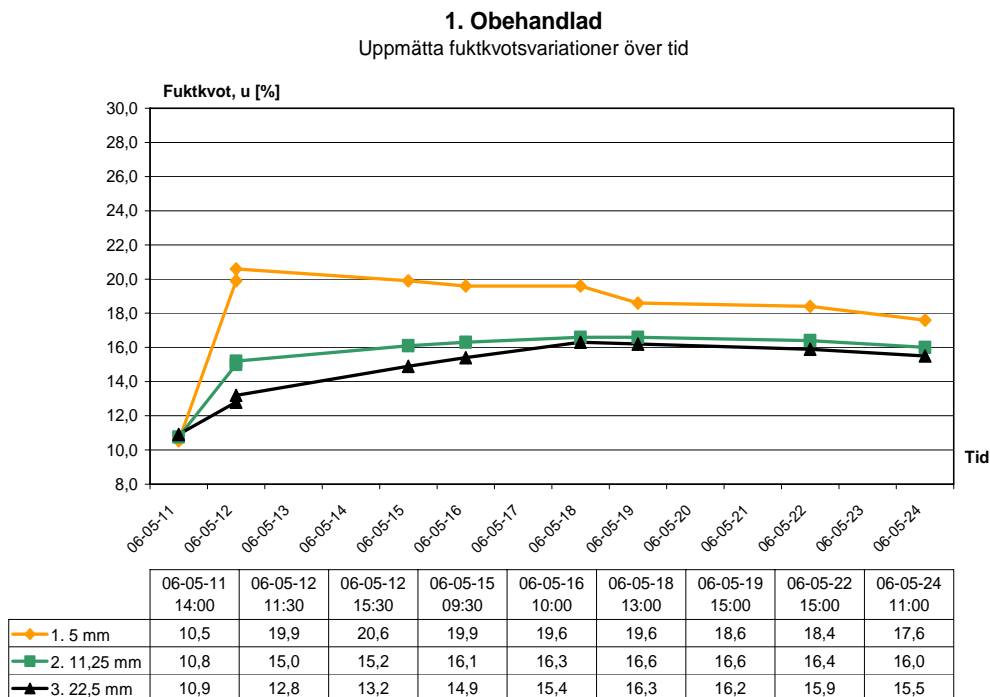
## 6.2 Fuktkvotsmätning

Det uppdagades att den första fuktkvotsmätningen var något missvisande. Felmarginalen mellan de två olika metoderna som användes var motsvarande ca 3 fuktkvotsprocent vilket gav en total korrigeringsprocent på 22 %. Utifrån denna korrigeringsprocent har resultaten från den första mätningen räknats om för att visa en så rättvis helhetsbild som möjligt. Den elektriska fuktkvotsmätaren hade i sig en felmarginal vid mätning på mellan 1-2 % beroende på fuktkvotsområde.

Förväntad jämviktsfuktkvot i yttersta mätpunkten vid den sista mätningen i det rådande klimatet då enheten plockades isär var 17,2 %. Detta värde baseras på tabelldata ur Esping, B [1.2], där klimat av 21°C och RF 83 % motsvarar en jämviktsfuktkvot enligt ovan.

## 1. Obehandlad

Vad som kan konstateras utifrån de mätningresultat som visas i figur 6.1 är att det obehandlade provet med en initial fuktkvot motsvarande 10-11% fick en tydlig gradientskillnad. I den yttersta mätpunkten (mätlinje 1), skedde en ganska markant fuktkvotsökning under de första två dyggen, en ökning från 10,5 – 20,6 %. Detta tyder på att den torra ytan lätt kunde absorbera fukt vid kontakt med betongmassan. I den mellanliggande mätpunkten (mätlinje 2), kan också en fuktkvotsökning utläsas, dock inte en lika markant förändring som för den yttersta mätpunkten. Det samma gäller för mätpunkten mitt i biten (mätlinje 3). Efter ca 10 dygn började mätresultaten att stabiliseras, och intill provet var då den relativa luftfuktigheten ca 83 %.



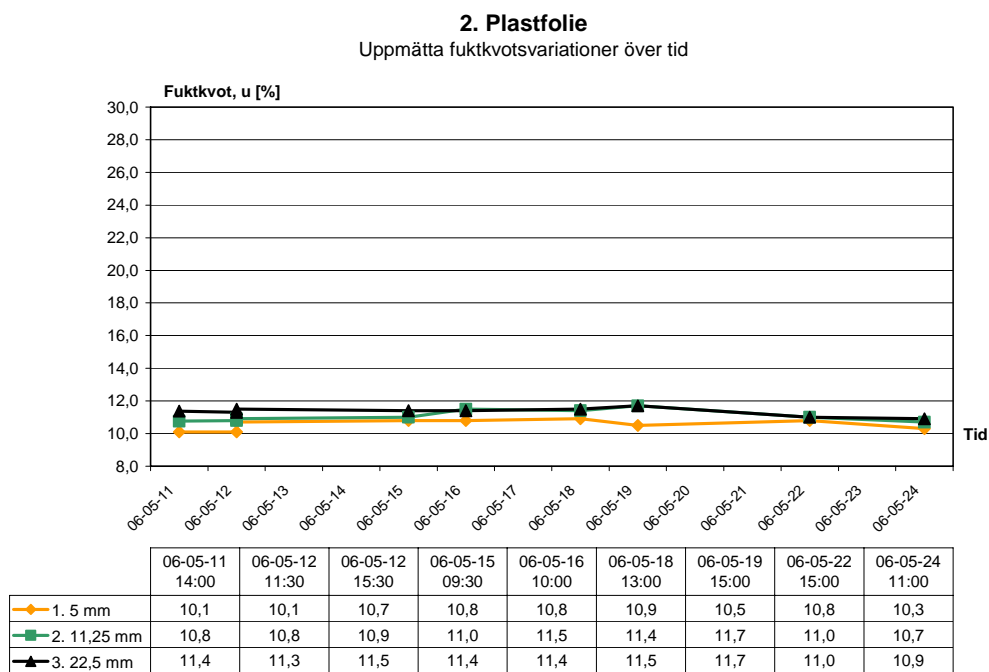
Figur 6.1: Diagrammet ovan visar fuktkvotsvariationen över tid för prov 1. Obehandlad.

Vad som är intressant att konstatera utifrån detta resultat är att fuktkvoten inte klättrade högre än till strax under 21 % och redan efter fyra dygn sjunkit under 20 % igen vid den yttersta mätpunkten. Hur pass fuktigt det var vid provets yta, dvs i anslutning till betongmassan är svårt att säga.

- Högsta uppmätta fuktkvoten under mätperioden: 20,6 %
- Största gradienten under provtiden: 10,1 %
- Total viktökning på grund av fuktabsorption enligt tabell 6.1: 7,0 %
- Högsta uppmätta fuktkvot via vertikalt gradientprov: 19,5 % (se avsnitt 6.3)
- Högsta uppmätta fuktkvot via horisontellt gradientprov: 22,4 % (se avsnitt 6.3)

## 2. Plastfolie

Att plastfolien inte skulle visa någon markerad fuktkvotsförändring var väntat. Detta prov utfördes mer som ett referensprov för att ha något att jämföra de övriga fuktavvisande materialen med. Rent fuktkvotsmässigt så borde det inte finnas några som helst variationer i de kurvor som presenteras i figur 6.2. Den initiala fuktkvoten låg för detta prov mellan 10,1-11,4 % vilket i princip hölls oförändrad under hela mätperioden.



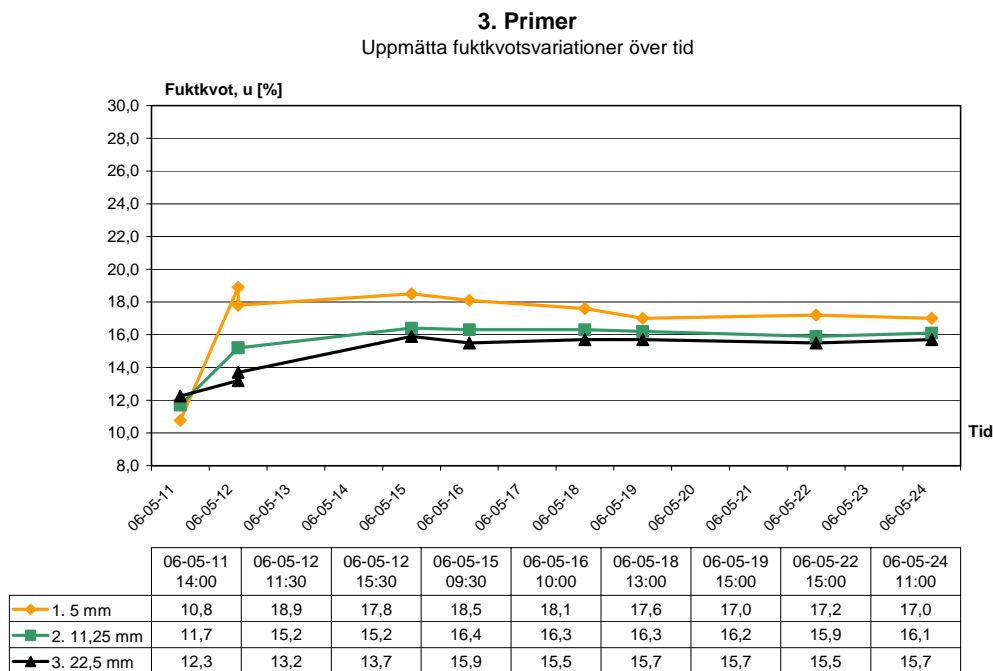
Figur 6.2: Diagrammet ovan visar fuktkvotsvariationen över tid för prov 2. Plastfolie.

Vad som ändå är intressant att konstatera utifrån dessa mätningar är att plastfolien ger ett bra fuktskydd och fungerar väl som fuktavvisande material. Det finns dock vissa risker med att plasta in trä helt i en konstruktion. Trä behöver alltid en möjlighet att kunna ”andas” och kunna torka ut i minst en riktning. Inplastning av virke med en initial fuktkvot på >18 % kan leda till kondensutfällning, vilket kan medföra ytliga mögelangrepp.

- Högsta uppmätta fuktkvoten under mätperioden: 11,7 %
- Största gradienten under provtiden: 1,2 %
- Total viktökning på grund av fuktabsorption enligt tabell 6.1: 0,2 %
- Högsta uppmätta fuktkvot via vertikalt gradientprov: 11,6 % (se avsnitt 6.3)
- Högsta uppmätta fuktkvot via horisontellt gradientprov: 10,2 % (se avsnitt 6.3)

### 3. Primer

Provet som applicerades med en primer visade en mindre fuktupptagning i jämförelse med det första obehandlade provet (1. Obehandlad). Ur de mätdata som visas i figur 6.3 går det att utläsa att fuktkvoten aldrig steg över ca 19 % under mätperioden. Det går även här att utläsa en tydlig gradientskillnad som påminner en hel del om vad som utspelade sig i prov '1 Obehandlad'. Den yttersta mätpunkten visar en tydlig fuktkvotsökning under det första dygnet. I den mellanliggande mätpunkten ses en marginell ökning under hela mätperioden. Mitt i provbiten erhöles en fuktkvotsökning på ca 4 % under de fyra första dagarna och intog sedan en marginell fuktkvotsändring kring en fuktkvot av 15,5 % under den resterade delen av mätperioden.



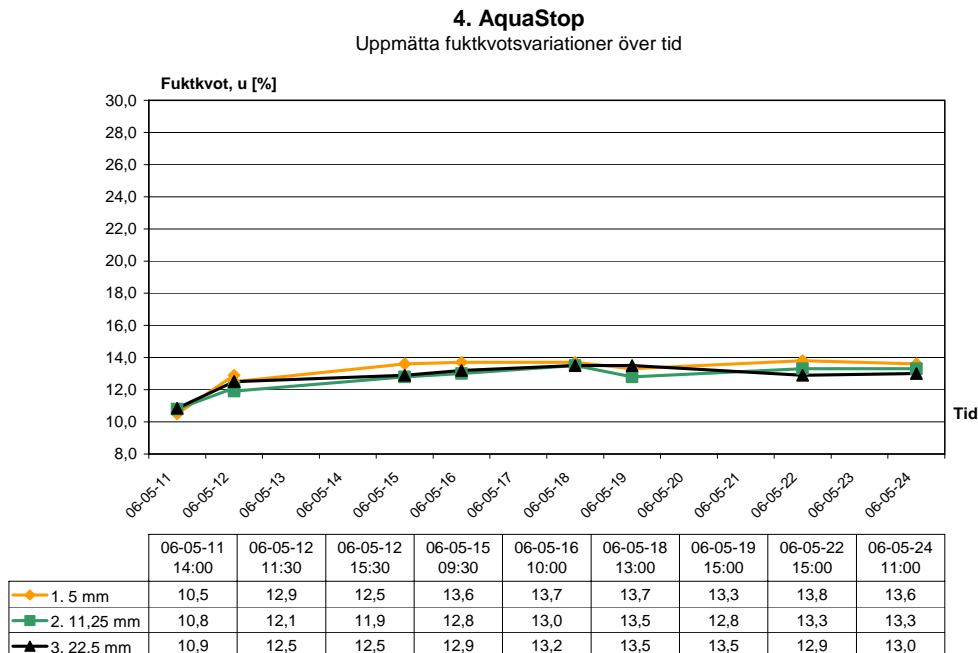
Figur 6.3: Diagrammet ovan visar fuktkvotsvariationen över tid för prov 3. Primer.

Resultaten visar att en primerbeläggning reducerar fuktupptagningen i trä, om än marginellt. Efter ca två veckors mätningar har fuktkvoten sjunkit under 17 %, vilket är en relativt säker fuktkvot med hänsyn till ev. mögel eller annat svampangrepp.

- Högsta uppmätta fuktkvoten under mätperioden: 18,9 %
- Största gradienten under provtiden: 5,7 %
- Total viktökning på grund av fuktabsorption enligt tabell 6.1: 6,9 %
- Högsta uppmätta fuktkvot via vertikalt gradientprov: 19,3 % (se avsnitt 6.3)
- Högsta uppmätta fuktkvot via horisontellt gradientprov: 21,4 % (se avsnitt 6.3)

#### 4. AquaStop

Den initial fuktkvoten hos denna provbit hade en gradientskillnad mellan 10,5 - 10,9 % Vad som går att läsa ur diagrammet och mätdata i figur 6.4, är att fuktkvoten faktiskt aldrig steg över 14 %, vilket i sig gör detta fuktskydd mycket intressant i sammanhanget. Det går direkt att se likheter mellan AquaStopprovet och plastfolieprovet.



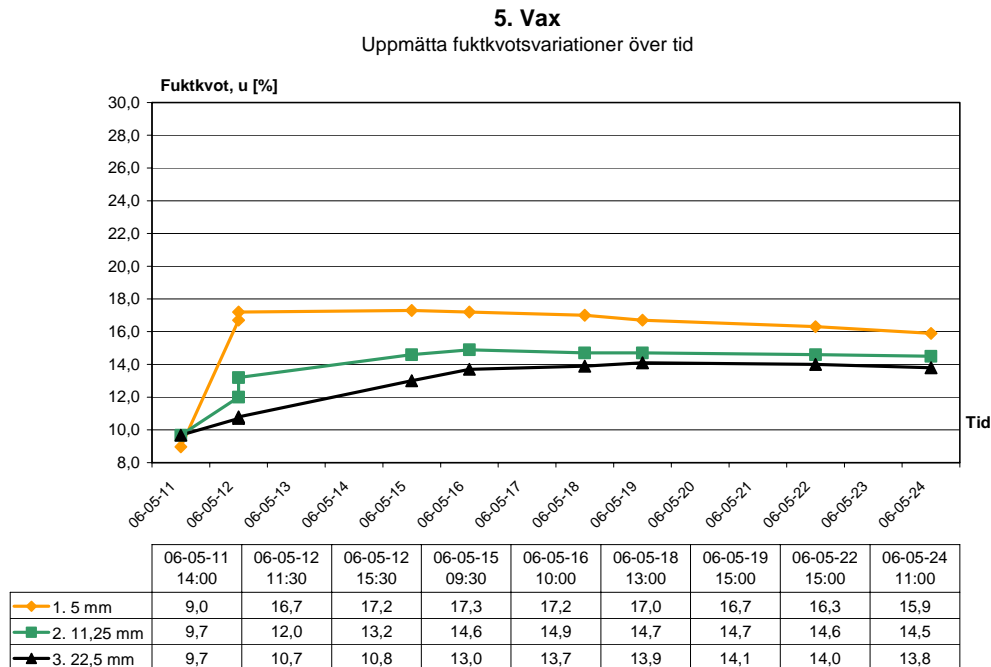
Figur 6.4: Diagrammet ovan visar fuktkvotsvariationen över tid för prov 4. AquaStop

Resultaten för denna typ av fuktspär visade sig ha goda egenskaper att utestänga fukt. Upptagning som har visats i och med dessa mätningar är relativt små. I likhet med plastfolieprovet så är den dock relativt svårapplicerad, då denna behöver rollas på virket.

- Högsta uppmätta fuktkvoten under mätperioden: 13,8 %
- Största gradienten under provtiden, 1,7 %
- Total viktökning på grund av fuktabsorption enligt tabell 6.1, 4,5 %
- Högsta uppmätta fuktkvot via vertikalt gradientprov: 16,8 % (se avsnitt 6.3)
- Högsta uppmätta fuktkvot via horisontellt gradientprov: 18,1 % (se avsnitt 6.3)

## 5. Vax

Även av dessa mätdata går det att utläsa en tydlig gradientskillnad för provbiten. Det vaxade provet har likheter med prov '1. Obehandlad' och '2. Primer', men fuktkvoten stiger här inte högre än till 17,3 %. Totalt erhålls en fuktkvotshöjning motsvarande 7,7 % under de två första dygnet i den yttersta mätpunkten. Detta tyder på att fuktupptagningen är tydlig men den stiger inte lika högt som '1. Obehandlad'.



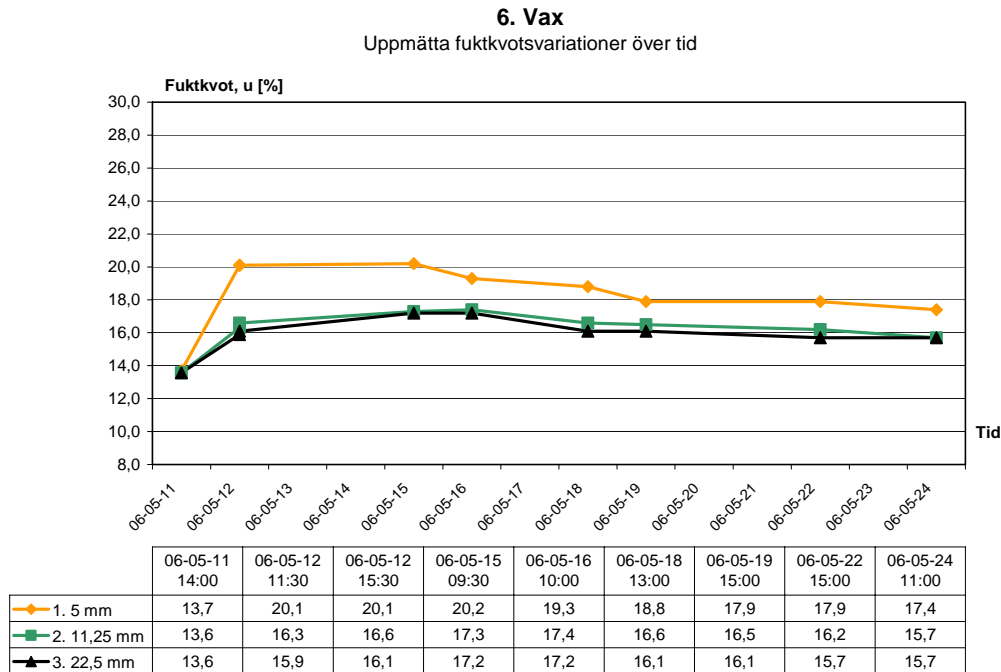
Figur 6.5: Diagrammet ovan visar fuktkvotsvariationen över tid för prov 5. Vax.

Resultatet efter två veckors mätningar har fuktkvotsvariationen börjad stabilisera sig kring en fuktkvot strax över 16 %. Den låga initiala fuktkvoten kan ha påverkan på den låga slutliga jämviktsfuktkvoten.

- Högsta uppmätta fuktkvoten under mätperioden: 17,3 %
- Största gradienten under provtiden: 7,7 %
- Total viktökning på grund av fuktabsorption enligt tabell 6.1: 6,9 %
- Högsta uppmätta fuktkvot via vertikalt gradientprov: 17,8 % (se avsnitt 6.3)
- Högsta uppmätta fuktkvot via horisontellt gradientprov: 20,5 % (se avsnitt 6.3)

## 6. Vax

Detta prov hade en högre initial fuktkvot än '5, Vax' vilket medförde att den högsta fuktkvoten blev högre. Den yttersta mätpunkten visar en kvarvarande fuktkvot över 20 % under de fyra första dygnet. Under tiden den relativa luftfuktigheten i betongmassan sjönk minskade även fuktkvoten i den yttersta mätpunkten. Mät punkt 2 och 3 reagerade väldigt likartat och följdes åt med en marginell skillnad genom hela mätperioden.



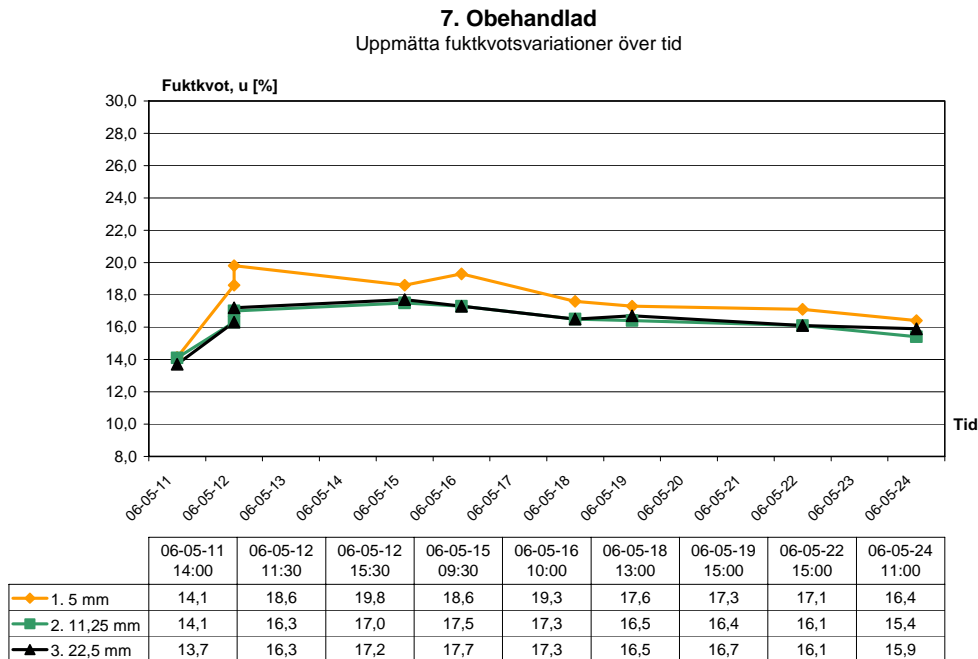
Figur 6.6: Diagrammet ovan visar fuktkvotsvariationen över tid för prov 6. Vax.

Resultatet visar att en högre initial fuktkvot medförde en högre maximal uppmätt fuktkvot fuktkvotsökning i jämförelse med '5.Vax' som hade en lägre initial fuktkvot.

- Högsta uppmätta fuktkvoten under mätperioden: 20,2 %
- Största gradienten under provtiden: 4,2 %
- Total viktökning på grund av fuktabsorption enligt tabell 6.1: 4,4 %
- Högsta uppmätta fuktkvot via vertikalt gradientprov: 20,1 % (se avsnitt 6.3)
- Högsta uppmätta fuktkvot via horisontellt gradientprov: 20,8 % (se avsnitt 6.3)

## 7. Obehandlad

Det sjunde provet hade en initial fuktkvot kring 14 %. Skillnaden mellan detta och ”1 Obehandlad” så kan vissa skillnader utläsas av de mätdata som presenteras i figur 6.7, bland annat att fuktkvoten för detta prov aldrig översteg 20 %. Under det första dygnet steg fuktkvoten på samma sätt som för de andra proven.



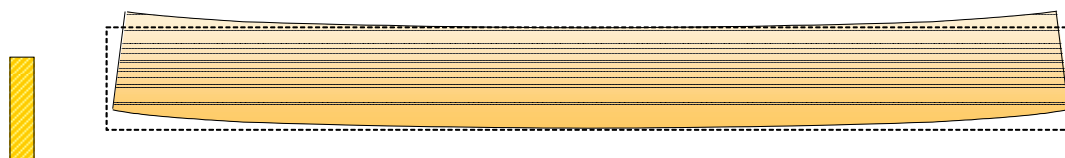
Figur 6.7: Diagrammet ovan visar fuktkvotsvariationen över tid för prov 7. Obehandlad.

Gradientskillnaden som går att utläsa ur diagrammet i figur 6.7 är förhållandevis liten för det här provet. När det gäller att gjuta in ett obehandlat (d.v.s. helt fritt från fuktskydd) bjälklag kan vidare konstateras utifrån dessa data och de mätdata som visas i figur 6.1 för ’1. Obehandlad’, att en högre initial fuktkvot minskar fuktkvotshöjningen hos materialet. All uppmätt data när det gäller de två obehandlade proverna tyder på att det ur fuktsynpunkt är mer fördelaktigt att gjuta in ett obehandlat bjälklagsvirke med något högre initial fuktkvot. Detta ger dock i slutänden stora krympningsrörelser när virke i kombination med golvvärme torkar ner till en fuktkvot kring 5-7 %.

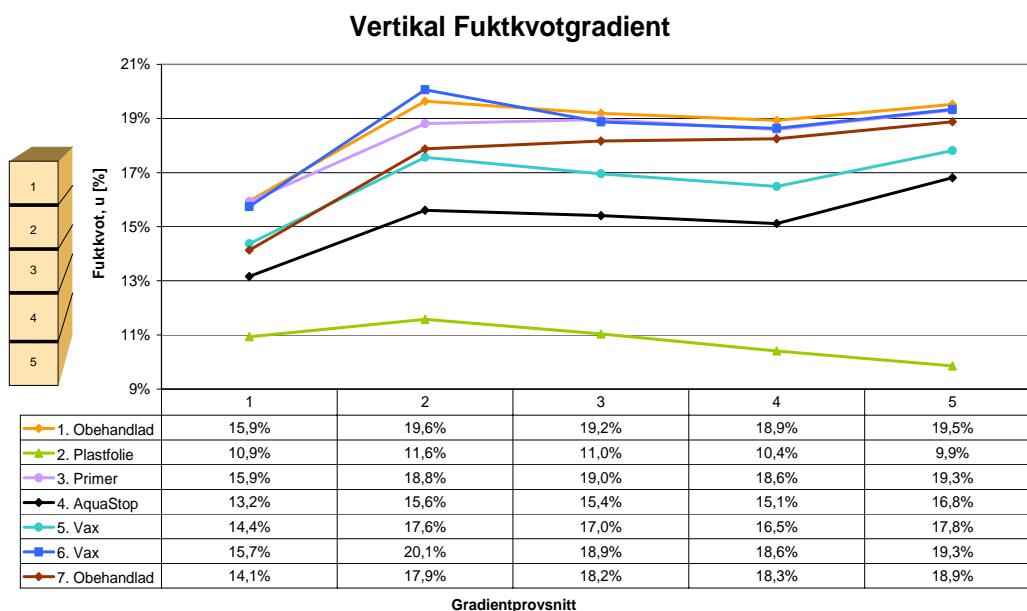
- Högsta uppmätta fuktkvoten under mätperioden: 19,8 %
- Största gradienten under provtiden: 2,3 %
- Total viktökning på grund av fuktabsorption enligt tabell 6.1: 4,1 %
- Högsta uppmätta fuktkvot via vertikalt gradientprov: 18,9 % (se avsnitt 6.3)
- Högsta uppmätta fuktkvot via horisontellt gradientprov: 19,4 % (se avsnitt 6.3)

### 6.3 Fuktkvotgradienten

Det var från början planerat att utföra ett gradientprov av varje provbit efter det att alla övriga mätningar var slutförda. Då det uppdagades att fuktkvoten i den nedre delen av proverna var något högre än förutsatt ökades betydelsen för dessa prover och två typer av gradientprov utfördes för att fastställa om den högre fuktkvoten var av omfattande betydelse. Om mätningarna skulle visa en betydligt förhöjd fuktkvot i den nedre delen kommer dessa resultat att medföra ytterligare hänsynstaganden beträffande ingjutningen. En högre fuktkvot i bjälkens nedre del kan medföra att bjälken böjer sig, se figur 6.8.



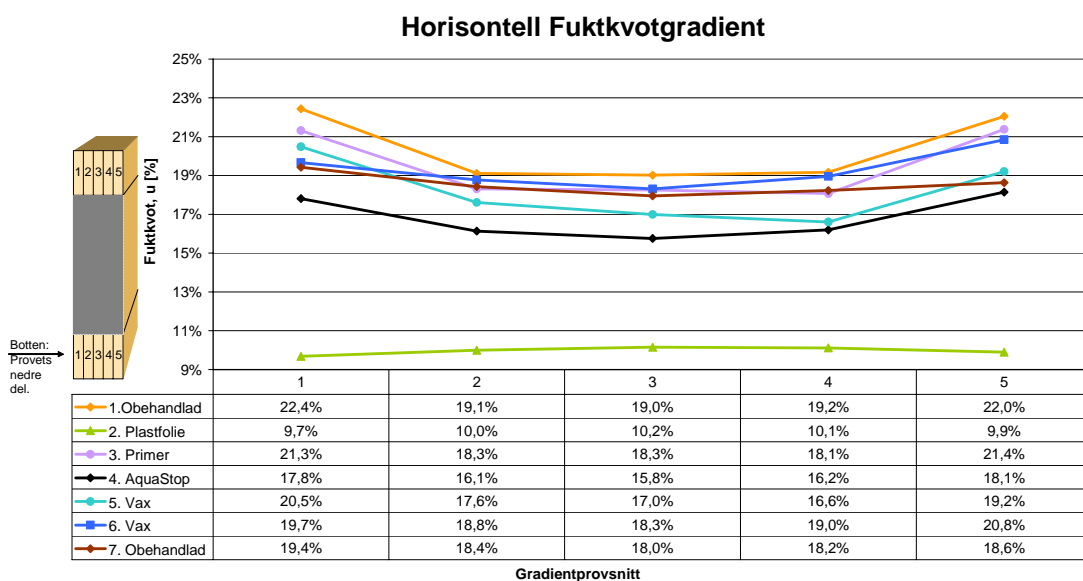
Figur 6.8: En förhöjd fuktkvot i virkets nedre del kan medföra denna typ av deformation.



Figur 6.9: Diagrammet ovan visar fuktkvotsgradienten och mätdata från det vertikala gradientprovet.

Resultaten av mätningarna från den vertikala fuktkvotgradienten för respektive provbit visar att skillnaden är ca 3-4 %. Enligt de resultat som visas i figur 6.9 kan en relativt tydlig inbördes gradientskillnad ändå utläsas. Däremot går det inte utifrån detta resultat utläsa var fuktkoncentrationen var som störst. Med all säkerhet var denna större vid ytorna som anslöt mot lättbetongmassan. Därför utfördes även ett horisontellt gradientprov som visade den inbördes fuktkvoten vid provets nedre del samt i dess övre del.

I likhet med det vertikala gradientprovet så togs bitarna till det horisontella gradientprovet ifrån respektive provbits mittenparti. I figur 6.10 visas den nedre horisontella fuktkvotgradienten då denna visar en del intressanta data.



Figur 6.10: Diagrammet ovan visar fuktkvotsgradienten och mätdata från det horisontella gradientprovets nedre del.

Dessa resultat tyder klart och tydligt på att fuktkvoten var högre än väntat i synnerhet vid ytterkanterna av provkropparnas nedre del. Störst ökning i fuktkvot uppmättes hos det obehandlade provet som hade en initial fuktkvot på ca 10 %. Den uppmätta fuktkvoten hos detta provs nedre och yttersta delar motsvarar ett värde på >22 %. Förmodligen har denna varit ännu högre i samband med de första dagarna efter ingjutningen. Även '3. Primer', '5. Vax' och '6. Vax' påvisar enligt denna mätning fuktkvoter >20 %. Prov '4. AquaStop' och '7. Obehandlad' är förutom '2. Plastfolie' de enda proven som vid detta mätillfälle påvisar fuktkvoter på < 20%.

## 6.4 Sorptionskurva

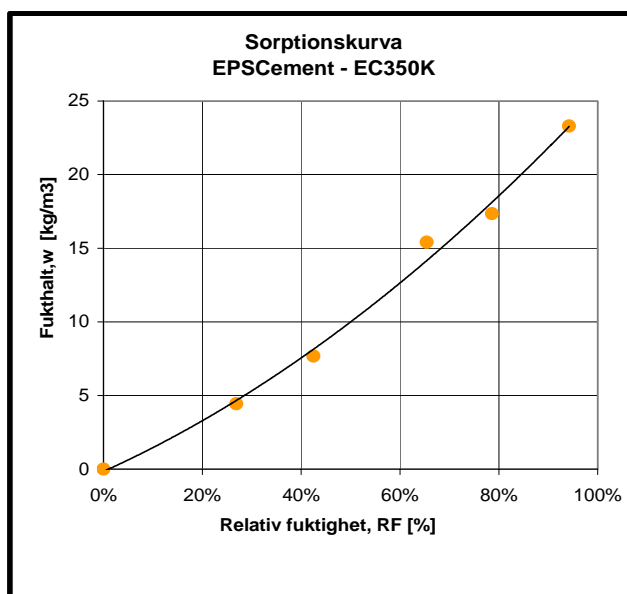
Via en klimatlogger av typ TinyTag kontrollerades klimaten i exikatorerna för att säkerställa nivåerna på rådande RF. Värdena för RF i exikatorerna hade en noggrannhet på  $\pm 5\%$  vilket inte visade sig stämma med de uppmätta värdena. Efter TinyTag mätningarna fastställdes dock rådande RF för varje exikator. Mätresultaten påverkades däremot inte av detta förutom att spannet av varierande klimat minskade en aning.

För att få fram fuktkvoten användes sedan torrviktsmetoden. Genom att torka de 25 provbitarna i ett värmeskåp vid  $50^\circ\text{C}$ , erhöles det absorberade vattnets massa. Beroende på i vilket klimat bitarna hade förvarats hade de fått varierande jämviktsfuktkvoter, och därmed varierande vatteninnehåll. Utifrån dessa värden kunde sedan fukthalten i materialproverna räknas ut genom att multiplicera de fuktkvoter som erhöles vid de varierande klimaten med densiteten för materialet. Med kända fukthalter och relativa luftfuktigheter kunde sedan en kurva ritas upp i ett diagram.

Vad figur 6.11 visar är alltså inte en fullständig sorptionskurva för materialet EPSCement, där den då skulle ha innehållit en absorptionskurva och en desorptionskurva med tillhörande *hysteres*. Sorptionskurvan "EPSCement – EC350K" är en indikator på inom vilket intervall en sorptionskurva kan tänkas hamna. Vad som dock går att utläsa genom denna kurva är ungefär vart fukthalten ligger i materialet beroende på rådande RF.

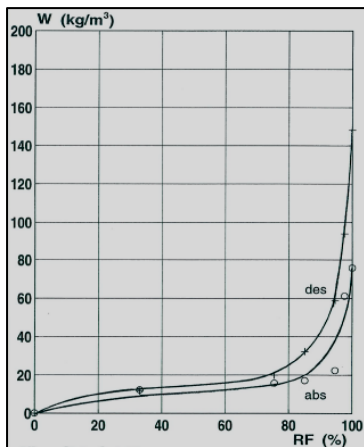
Tabell 6.2: Mätdata till sorptionskurvan i figur 6.11.

RF [%]	w [kg/m <sup>3</sup> ]
26,9	4,4
42,5	7,7
65,4	15,4
78,6	17,4
94,2	23,3

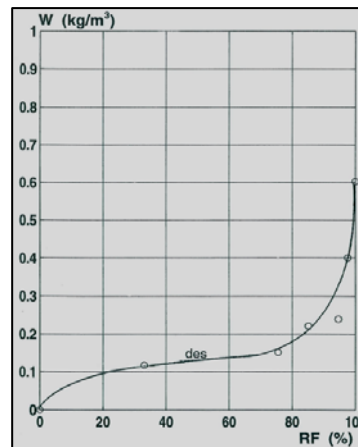


Figur 6.11: Diagrammet ovan visar en sorptionskurva för EPSCement.

Motsvarande kurvor för sandballastbaserad lättbetong och expanderad cellplast visas i figur 6.12 och figur 6.13.

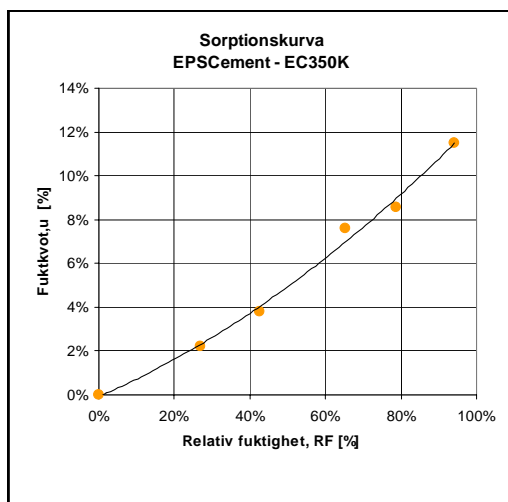


Figur 6.12: Diagrammet ovan visar en sorptionskurva för sandballastbaserad lättbetong [3.6].

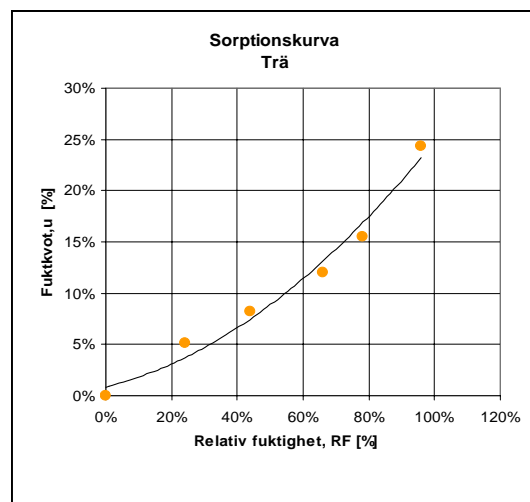


Figur 6.13: Diagrammet ovan visar en sorptionskurva för expanderad cellplast [3.6].

I figur 6.14 ser vi motsvarande sorptionskurva för EPSCement som i figur 6.11, men presenterad som förhållandet mellan fuktkvot och relativ luftfuktighet. Genom jämförelse med motsvarande sorptionskurva för gran, figur 6.15 går det att utläsa att båda materialen ligger inom samma förhållande område.



Figur 6.14: Diagrammet ovan visar en sorptionskurva EPSCement, i förhållandet mellan fuktkvot och relativ luftfuktighet.



Figur 6.15: Diagrammet ovan visar en sorptionskurva trä i förhållandet mellan fuktkvot och relativ luftfuktighet.[1.2]

## 7 Diskussion och slutsats

### 7.1 Diskussion

Målet med detta arbete var att göra en pilotstudie med fokus på hur EPSCementen påverkar trävirke i första hand ur fuktsynpunkt. Genom att låta sju virkesprover med olika fuktskydd gjutas in i EPSCement, kunde olika mätningar utföras för att se huruvida dessa fuktskydd fungerade bra eller mindre bra till detta syfte. Resultaten visar på en varierad fuktupptagning beroende på vilket fuktskyddande material som användes. En del av syftet med studien var att ur materialteknisk synvinkel se om det vid ingjutningar av bjälklag var möjligt att utesluta plastfolien.

Fuktupptagningen för de obehandlade proven varierade något vilket troligtvis kan ha berott på att dessa bitar inte tillhörde samma virkesämne och därför hade olika förmåga till fuktupptagning. Men det kan också ha berott på att de hade olika initiala fuktkvoter. Mätningen som utfördes med den elektriska fuktkvotsmätaren av resistans typ mätte med en felmarginal på  $\pm 1$  % vid fuktkvoter kring 10-12 % och  $\pm 2$  % vid mätning på fuktkvoter kring 20 %. Detta är viktigt att tänka på vid avläsning av de mätresultaten som framarbetats i detta arbete.

Det torrare provet av dessa '1. Obehandlad' påvisade en högre fuktupptagning än prov '7. Obehandlad' som från början hade en högre fuktkvot. Utifrån de mätresultat som presenterats för '7. Obehandlad' så steg faktiskt fuktkvoten aldrig över 20 %. Detta tyder på att ingjutning av nyproducerade våtrumsbjälklag skulle kunna vara möjlig, även om konstruktionsvirket håller en relativt hög fuktkvot runt 15-16 %. Däremot ökas risken för krymprörelser om trävirke med en hög initial fuktkvot byggs in. Ingjutning av torrare bjälklag bör dock inte ske utan att först appliceras med någon form av fuktskyddande material. Gradientprovet för '1. Obehandlad' visar att fuktconcentrationen i dess nedre del var något för hög, vilket kanske hade kunnat motverkas om möjligheten till dubbelsidig uttorkning hade funnits. När det gäller prov '3. Primer' så visar dessa mätningar att fuktupptagningen minskade något tack vare detta fuktskydd. Det medförde dock ingen klart utpekad förbättring då även detta prov höll en hög fuktkvot vid de nedre partierna. '4. AquaStop' visade sig bli ett mycket intressant val av fuktskydd. Näst efter plastfolieprovet var detta det mest stabila under hela mätperioden. Den resistiva fuktkvotsmätningen visade en fuktkvot som var lägre än 14 % och vid gradientproven enligt torrviktsmetoden var fuktkvoten som högst ca 18 %. I motsats till de andra fuktskydden var AquaStop något mer svårapplicerad vilket i sig måste ses som en nackdel. Den var svår på så vis att den inte var lika lättflytande som de andra, utan hade en trögflytande konsistens som skulle appliceras med roller. Vaxbehandlingen skulle däremot kunna anpassas för detta syfte och bli en mycket lättapplicerad produkt. Tanken med att belägga proverna med ett tunt vaxlager var att ge en skyddande effekt som i sig inte påverkade trävirket så mycket utan skulle ge ett relativt kortvarigt skydd vilket kunde vara tillräckligt för denna konstruktionslösning. Eftersom själva härdningsprocessen för EPSCement är relativt snabb skulle ett vaxskydd kunna vara lämpligt. Resultaten av de vaxade proverna visade att de var uppe kring 20 % fuktkvot under några tillfällen. I sammanhanget bör nämnas att det vax som användes inte var avsedd för trä utan var av ett känt bilvaxfabrikat. Det är mycket möjligt att resultaten skulle ha sett annorlunda ut om en mer trärekommenderad produkt hade använts. Primern och vaxet är inga tätskiktmaterial på samma sätt som en polyetenfolie. Men dessa togs med i provningen för att se om dess fuktskyddande egenskaper möjligen kunde vara tillräckliga för det ändamål som rapporten beskriver.

Det tar för det mesta tid att bekanta sig med ett nytt material. Metoderna som användes för att ta fram de mätdata som presenterats i denna rapport fungerade förhållandevis mycket bra. Som tagits upp tidigare i rapporten så har trä varierande inbördes egenskaper. Detta medför bland annat varierande förmåga att absorbera fukt i olika delar av virket. I vetenskapligt syfte hade det varit fördelaktigt att utföra flera tester med respektive fuktskydd. Ett prov av varje ger inte en väldefinierad vetenskaplig grund att stå på. Däremot kan en tendens konstateras utifrån de mätningresultat som redovisats. I de försök som utfördes i samband med detta examensarbete applicerades ingen sliptillsats eller avjämningsmassa ovanpå provenheten. Det kan hända att vissa nya aspekter och påfrestningar skulle förändra en del data och resultat. Det är möjligt att en slipsats eller avjämningsmassa tillför mer fukt samtidigt som det fördröjer uttorkningen i den undre konstruktionen.

Konstruktionslösningen som presenterades i denna rapport beträffande kombinationen mellan EPSCement och träbjälklag, är en av flera möjliga lösningar. Konstruktionslösningen bygger på en blindbottenförstärkning av läktlist och plywood. Det skulle även kunna vara möjligt att lägga en hård stenullsskiva eller motsvarande i botten och på så vis även uppnå en potentiell tvåvägsuttorkning. På detta sätt skulle uttorkningen av EPSCementen om möjligt gå något snabbare vilket medför kortare exponeringstid av den våta lättbetongmassan mot trävirket.

Att ta fram en fullständig sorptionskurva med absorption och desorption tar ca ett år om den skall vara fullt vetenskapligt korrekt. Denna tid fanns inte i samband med detta examensarbete. När det gäller risken för materialbortfall under mätningens gång i form av små korn och damm från de spröda proverna så var dessa väldigt små och borde inte betyda några stora förändringar av resultatet.

Rent kostnadsmässiga aspekter har utelämnats ur denna rapport. Anledningen till detta är för att ge en objektiv syn på materialet och konstruktionslösningen.

## 7.2 Slutsats

De resultat som framarbetats i samband med detta examensarbete är på många sätt intressanta. Resultaten visar att den fuktiga lättbetongmassan höjer fuktkvoten hos trävirket. Det är dock inga radikala höjningar vilket troligen beror på att vattenmängden i EPSCementen inte är så stor och att allt tillsatt vatten åtgår till själva härdningsprocessen. De sju provkropparna som göts in i lättbetongmassan visade varierande resultat i frågan om benägenhet till fuktupptagning.

Att det plastfoliebelagda provet skulle visa i särklass bäst resultat var naturligtvis väntat och detta gjordes mer som ett referensobjekt. De intressantaste proven var de obehandlade proverna som visade olika resultat beroende av dess initiala fuktkvot. En högre initial fuktkvot medför en lägre fuktabsorption, vilket är en intressant aspekt vid nybyggnation. I torrare bjälklag rekommenderas inte att gjuta lättbetongmassan direkt mot konstruktionsvirket utan skydd av t ex en plastfolie. Detta grundas på de mätdata som framkom av fuktgradientprovet där fuktkvoten i det yttre skiktet var relativt hög. Aspekten om att ingjutning av ett större bjälklag betyder en större volym EPSCement kan det tänkas att fuktkoncentrationen blir så pass omfattande att kantkrökning inträffar. De övriga fyra proverna som behandlades med olika typer av flytande fuktskydd visade även de en varierad fuktupptagning. Bland dessa utmärkte sig det prov som hade en fuktskyddande yta av AquaStop. Detta fuktskydd fungerade bra i sammanhanget och visade en lite fuktupptagning genom hela mätperioden. Inte heller gradientprovet indikerade på några höga fuktkvoter hos Aqua-

Stopprovet. Detta gör denna typ av fuktskyddande beläggning till en möjlig produkt som kompletterande fuktskydd vid ingjutning av våtrumsbjälklag av trä. När det gäller provet som applicerades med golvprimer så visade denna en minskad benägenhet till fuktupptagning i jämförelse med det första obehandlade provet. Gradientprovet visade däremot även för detta prov en hög fuktkvot i botten av provbiten. Skillnaden mellan det primerbelagda och de vaxade proverna var ganska små. Det första vaxade provet hade lägst initial fuktkvot av alla provbitar. Under mätperioden visade detta prov goda resultat, men under gradientprovet uppmättes något höga fuktkvotsvärden likt de primerbelagda provet. Det andra vaxade provet hade en högre initial fuktkvot och visade också under mätperioden höga fuktkvotsvärden. Även båda gradientproverna visade höga fuktkoncentrationer hos det andra vaxade provets nedre del.

Slutligen kan följande konstateras. Förutom användning av plastfolie tyder dessa mätningar på att obehandlade nybyggda våtrumsbjälklag (fuktkvot kring 15-18 %) skulle kunna ingjutas i direkt kontakt med lättbetongmassan, utan att risk för fuktrelaterade komplikationer inträffar. Detta beror på att jämviktsfuktkvoten är ca 19 % för granvirke vid klimatet 20° C och RF 90 %, vilket innebär att skillnaden mellan den initiala fuktkvoten och jämviktsfuktkvoten är liten. Användning av konstruktionsvirke fuktkvot 18% medför dock i slutänden stora krympningsrörelser när det kombineras med golvvärme, som gör att fuktkvoten sjunker ner till en nivå kring 5-7 % i bjälklagsvirket. Bjälkarnas krympning har inte studerats i samband med detta examensarbete men bör ändå belysas. Ingjutning av EPSCement i torrare bjälklag (fuktkvot <15 %) utan fuktskydd, rekommenderas däremot inte då dessa mätningar indikerade på att detta skulle kunna leda till fuktrelaterade komplikationer främst beroende på att det uppstår en fuktkvotsgradient i höjddled över bjälkens tvärsnitt. För dessa torrare bjälklag bör istället användning av tätskikt av polyetenplast eller möjligen AquaStop. Användning av fuktavvisande materialskydd som golvprimer eller vax ger ingen märkbar effekt och bör därför inte användas som fuktskydd vid bjälklagsingjutning. I dessa mätningar visar de sistnämnda fuktskydden en instabilitet i form av höga fuktkvoter i provernas nedre delar, vilket bör beaktas. Vid möjlighet till tvåvägsuttorkning är det möjligt att dessa visar bättre resultat och blir därmed mer aktuella för det ändamål rapporten beskriver.

Vad framtagandet av en sorptionskurva för EPSCement beträffar, så konstateras att mätresultaten kan ses som lyckade. Utifrån sorptionskurvan kan nu ett riktvärde på fukthalten vid rådande relativ luftfuktighet utläsas. För att fastställa en fullständig sorptionskurva för materialet återstår ytterligare forskning.

### **7.3 Framtida forskning**

På framtiden ligger vidare forskning kring materialkombinationen EPSCement och trä. Fullskaliga bjälklagsförsök bör göras för att vetenskapligt säkerställa om EPSCementen har förmåga att stabilisera rörelser hos mellanbjälklag av trä. Bjälklagen bör då förslagsvis utformas som ett regelrätt våtrumsbjälklag med golvvärme, tätskikt och klinkerplattor o s v. Därefter bör bjälklaget utsättas för olika reella och möjligen extrema påfrestningar i form av varierande klimat, statisk last etc. Utifrån kontinuerliga mätningar skulle det sedan vara möjligt att avläsa t ex höjdskillnader över golvytan genom en punktplacerad laser och studera hur EPSCement påverkar träbjälklagets styvhet. Då leverantören av EPSCement inte vill ha någon samverkan mellan materialen skulle det med vad som konstaterats i dessa försök vara intressant att titta på huruvida och i vilken utsträckning samverkan finns mellan EPSCement och trävirke samt hur stor påverkan detta har på konstruktionen. Liknande tester bör förslagsvis göras med den pumpbara EPSCementen för att se om det finns någon markerad skillnad

mellan den och EC350K som användes för testerna i detta examensarbete. Hur virket påverkas av de olika typerna av flytande fuktskyddande beläggningar som använts i dessa tester framkommer inte ur denna rapport. Detta är en potentiell framtida forskningsaspekt som kan studeras.

När det gäller framtagandet av en sorptionskurva för EPSCement så finns det en hel del kvar att göra för att få en väldefinierad och vetenskapligt säkerställd kurva. Att fastställa en sorptionskurva tar lång tid och kräver utförliga mätningar.

## 8 Referenser

### 8.1 Litteratur:

- [1.1] Olsson, M & Wall, P, 2004, Fuktrelaterade deformationer i mellanbjälklag, KTH
- [1.2] Esping, B, 1992, Trätorkning 1a – Grunder i torkning, Trätek
- [1.3] Burström, PG, 2001, Byggnadsmaterial–Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper, Studentlitteratur
- [1.4] Birkeland, R, 1994, Materiallære – tre og trebaserte materialer, Urmi
- [1.5] Saarman, E, 1992, Lektion i trä, Sveriges Skogsindustriförbund
- [1.6] Redlund, M, 2001 – Byggindustrin Nr 21
- [1.7] Andersson, U, 2003 - Byggindustrin Nr 11
- [1.8] Nevander, LE & Elmarsson, B, 1994, Fukthandbok – Praktik och Teori
- [1.9] Carling, O. m fl., 1984. Träskyddshandboken, AB Svensk Byggtjänst
- [1.10] Hus AMA 98, 1998, AB Svensk Byggtjänst
- [1.11] BBK 94, 1996, Band 2 – Material, Utförande, Kontroll, Boverket

### 8.2 Internet:

- [2.1] [www.epscement.se](http://www.epscement.se)
- [2.2] [www.traguiden.se](http://www.traguiden.se)
- [2.3] <http://www.teeghus.nu/byggteknik/material/eps.htm>
- [2.4] <http://www.cellbetong.se/produkt1.php>
- [2.5] <http://www.thermozell.tm.se/PDF/TZ400MIX.pdf>
- [2.6] <http://www.foamliteconcrete.com/>
- [2.7] <http://www.bkr.se/branschregler/branschregler2002.pdf>
- [2.8] <http://www.byggnadskontroll.nu/index.aspx?site=byggnadskontroll.nu&page=3254>

### 8.3 Bild- och tabellkälla:

- [3.1] [http://kao.nu/KAO\\_Web/productimages/Frigolitkula-20478.jpg](http://kao.nu/KAO_Web/productimages/Frigolitkula-20478.jpg)
- [3.2] <http://www.sundolitt.se/default.asp?menu=392>
- [3.3] [http://www.epscement.com/images/system/menu\\_top.gif](http://www.epscement.com/images/system/menu_top.gif)
- [3.4] <http://www.skogsindustrierna.org/LitiumDokument20/GetDocument.asp?archive=3&directory=748&document=3317>
- [3.5] <http://www.traguiden.se/upload/Material/V-0303-Ma01.jpg>
- [3.6] Hedenblad, G, 1996, Materialdata för fukttransportberäkningar - Byggeforskningsrådet  
'Samtliga bilder utan källa har tagits eller utformats av författaren själv.'



## **Bilagor**

- I Ritning – Provenheten
- II Mätdata – Övriga tabelldata och diagram
- III Produktblad – EPSCement
- IV Faktablad – Mätinstrument



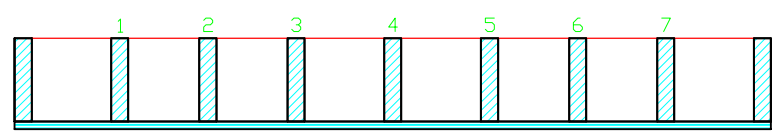
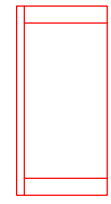
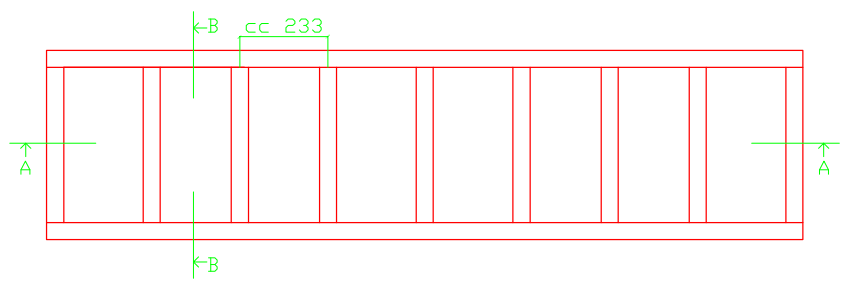
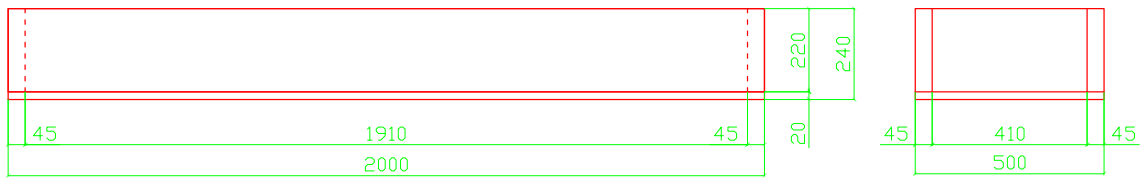




1	2	3	4
RevNo	Revision note	Date	Signature
			Checked

A  
B  
C  
D  
E  
F

A  
B  
C  
D  
E  
F



SEKTION A-A



SEKTION B-B

PROVKROPPAR - BEHANDLING

- 1. OBEHANDLAD
- 2. PLSTFOLIE
- 3. PRIMER
- 4. AQUASTOP
- 5. VAX
- 6. VAX
- 7. OBEHANDLAD

Itemref	Quantity	Title/Name, designation, material, dimension etc			Article No./Reference	
Designed by JÖS	Checked by JÖS	Approved by - date JÖS-06/05/09	File name XXX	Date 00/00/00	Scale 1:20	
JOAKIM ÖSTBERG			RITNING - PROVENHETEN			
			A-001		Edition 0	Sheet 1/1







Fuktkvotsmätning														
Temp.	MätningUtf.	Prov 1			Prov 2			Prov 3			Prov 4			RF %
		Obehandlad			Plastfolie			Primer			AquaStop			
Start	Datum Tid	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
23°C	06-05-11 14:00	10,5	10,8	10,9	10,1	10,8	11,4	10,8	11,7	12,3	10,5	10,8	10,9	
45°C	06-05-12 11:30	19,9	15,0	12,8	10,1	10,8	11,3	18,9	15,2	13,2	12,9	12,1	12,5	
39°C	06-05-12 15:30	20,6	15,2	13,2	10,7	10,9	11,5	17,8	15,2	13,7	12,5	11,9	12,5	
21°C	06-05-15 09:30	19,9	16,1	14,9	10,8	11,0	11,4	18,5	16,4	15,9	13,6	12,8	12,9	
21°C	06-05-16 10:00	19,6	16,3	15,4	10,8	11,5	11,4	18,1	16,3	15,5	13,7	13,0	13,2	90,1
21°C	06-05-18 13:00	19,6	16,6	16,3	10,9	11,4	11,5	17,6	16,3	15,7	13,7	13,5	13,5	88,0
21°C	06-05-19 15:00	18,6	16,6	16,2	10,5	11,7	11,7	17,0	16,2	15,7	13,3	12,8	13,5	86,5
21°C	06-05-22 15:00	18,4	16,4	15,9	10,8	11,0	11,0	17,2	15,9	15,5	13,8	13,3	12,9	83,3
21°C	06-05-24 11:00	17,6	16,0	15,5	10,3	10,7	10,9	17,0	16,1	15,7	13,6	13,3	13,0	83,0

Temp.	MätningUtf.	Prov 5			Prov 6			Prov 7			RF %
		Vax			Vax			Obehandlad			
Start	Datum Tid	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
23°C	06-05-11 14:00	9,0	9,7	9,7	13,7	13,6	13,6	14,1	14,1	13,7	
45°C	06-05-12 11:30	16,7	12,0	10,7	20,1	16,3	15,9	18,6	16,3	16,3	
39°C	06-05-12 15:30	17,2	13,2	10,8	20,1	16,6	16,1	19,8	17,0	17,2	
21°C	06-05-15 09:30	17,3	14,6	13,0	20,2	17,3	17,2	18,6	17,5	17,7	
21°C	06-05-16 10:00	17,2	14,9	13,7	19,3	17,4	17,2	19,3	17,3	17,3	90,1
21°C	06-05-18 13:00	17,0	14,7	13,9	18,8	16,6	16,1	17,6	16,5	16,5	88,0
21°C	06-05-19 15:00	16,7	14,7	14,1	17,9	16,5	16,1	17,3	16,4	16,7	86,5
21°C	06-05-22 15:00	16,3	14,6	14,0	17,9	16,2	15,7	17,1	16,1	16,1	83,3
21°C	06-05-24 11:00	15,9	14,5	13,8	17,4	15,7	15,7	16,4	15,4	15,9	83,0

1 = mätpunkt 5mm (± 1mm) från provkroppens ytterkant.

2 = mätpunkt 11,25mm (± 1mm) från provkroppens ytterkant.

3 = mätpunkt 22,5mm (± 1mm) från provkroppens ytterkant.

## 5 Gradientprov - Horisontellt

TOPPEN						BOTTEN					
1.1	1	2	3	4	5	1.2	1	2	3	4	5
m <sub>b</sub>	6,990	7,059	7,363	7,192	6,646	m <sub>b</sub>	7,825	5,945	7,021	7,740	5,934
m <sub>t</sub>	6,047	6,134	6,397	6,227	5,716	m <sub>t</sub>	6,391	4,991	5,899	6,495	4,862
m <sub>v</sub>	0,943	0,925	0,966	0,965	0,930	m <sub>v</sub>	1,434	0,954	1,122	1,245	1,072
u	15,6%	15,1%	15,1%	15,5%	16,3%	u	22,4%	19,1%	19,0%	19,2%	22,0%

2.1	1	2	3	4	5	2.2	1	2	3	4	5
m <sub>b</sub>	4,973	6,152	6,791	6,257	6,869	m <sub>b</sub>	5,893	6,164	6,868	6,861	6,554
m <sub>t</sub>	4,501	5,545	6,114	5,640	6,220	m <sub>t</sub>	5,373	5,604	6,235	6,231	5,964
m <sub>v</sub>	0,472	0,607	0,677	0,617	0,649	m <sub>v</sub>	0,520	0,560	0,633	0,630	0,590
u	10,5%	10,9%	11,1%	10,9%	10,4%	u	9,7%	10,0%	10,2%	10,1%	9,9%

3.1	1	2	3	4	5	3.2	1	2	3	4	5
m <sub>b</sub>	5,716	5,192	5,350	6,049	6,009	m <sub>b</sub>	6,329	6,390	6,309	5,783	6,620
m <sub>t</sub>	4,956	4,508	4,655	5,251	5,204	m <sub>t</sub>	5,217	5,401	5,335	4,898	5,454
m <sub>v</sub>	0,760	0,684	0,695	0,798	0,805	m <sub>v</sub>	1,112	0,989	0,974	0,885	1,166
u	15,3%	15,2%	14,9%	15,2%	15,5%	u	21,3%	18,3%	18,3%	18,1%	21,4%

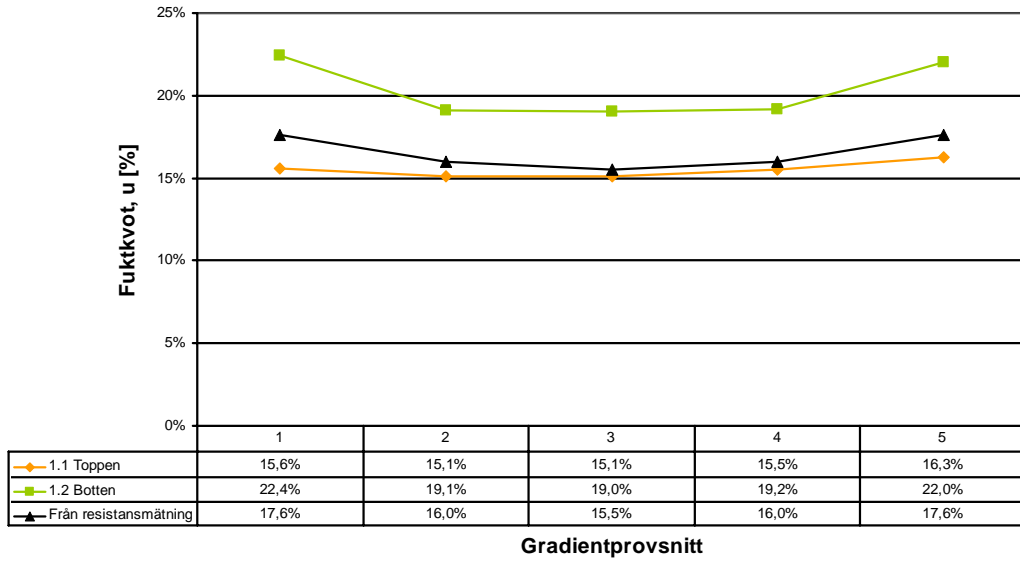
4.1	1	2	3	4	5	4.2	1	2	3	4	5
m <sub>b</sub>	6,986	6,727	6,304	6,506	5,646	m <sub>b</sub>	7,051	6,795	6,552	5,874	6,200
m <sub>t</sub>	6,178	5,959	5,584	5,745	5,013	m <sub>t</sub>	5,985	5,851	5,660	5,055	5,248
m <sub>v</sub>	0,808	0,768	0,720	0,761	0,633	m <sub>v</sub>	1,066	0,944	0,892	0,819	0,952
u	13,1%	12,9%	12,9%	13,2%	12,6%	u	17,8%	16,1%	15,8%	16,2%	18,1%

5.1	1	2	3	4	5	5.2	1	2	3	4	5
m <sub>b</sub>	5,328	6,777	7,412	6,781	6,989	m <sub>b</sub>	7,804	7,192	6,733	6,979	8,779
m <sub>t</sub>	4,607	5,885	6,479	5,923	6,051	m <sub>t</sub>	6,477	6,115	5,755	5,985	7,365
m <sub>v</sub>	0,721	0,892	0,933	0,858	0,938	m <sub>v</sub>	1,327	1,077	0,978	0,994	1,414
u	15,7%	15,2%	14,4%	14,5%	15,5%	u	20,5%	17,6%	17,0%	16,6%	19,2%

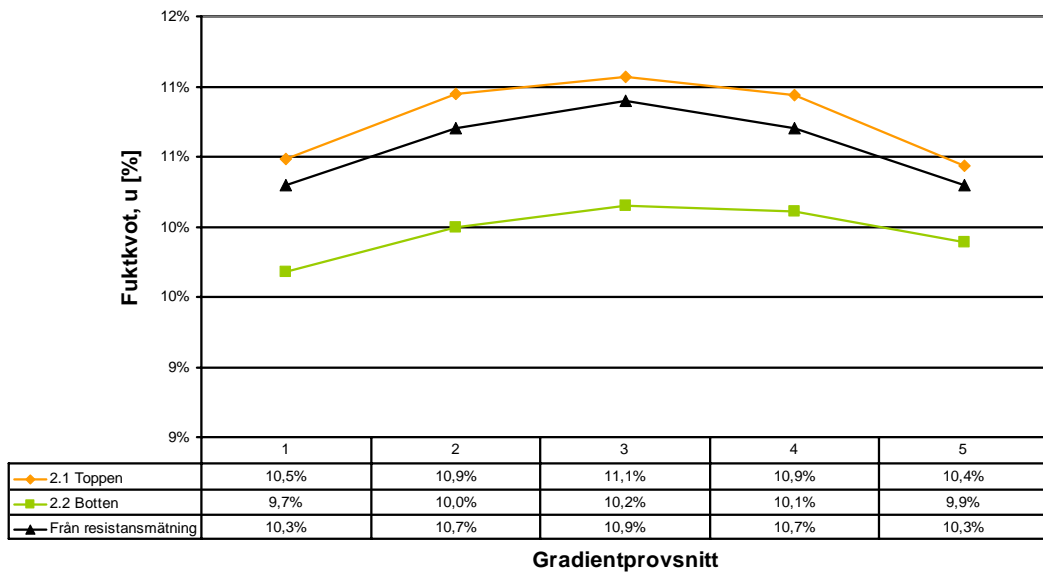
6.1	1	2	3	4	5	6.2	1	2	3	4	5
m <sub>b</sub>	5,231	7,003	5,931	6,442	6,339	m <sub>b</sub>	6,482	6,884	6,713	6,383	6,314
m <sub>t</sub>	4,531	6,077	5,145	5,589	5,512	m <sub>t</sub>	5,417	5,796	5,674	5,366	5,225
m <sub>v</sub>	0,700	0,926	0,786	0,853	0,827	m <sub>v</sub>	1,065	1,088	1,039	1,017	1,089
u	15,4%	15,2%	15,3%	15,3%	15,0%	u	19,7%	18,8%	18,3%	19,0%	20,8%

7.1	1	2	3	4	5	7.2	1	2	3	4	5
m <sub>b</sub>	4,585	5,422	5,075	4,644	5,574	m <sub>b</sub>	3,971	4,903	4,343	4,086	4,018
m <sub>t</sub>	3,995	4,756	4,453	4,070	4,867	m <sub>t</sub>	3,325	4,140	3,682	3,456	3,387
m <sub>v</sub>	0,590	0,666	0,622	0,574	0,707	m <sub>v</sub>	0,646	0,763	0,661	0,630	0,631
u	14,8%	14,0%	14,0%	14,1%	14,5%	u	19,4%	18,4%	18,0%	18,2%	18,6%

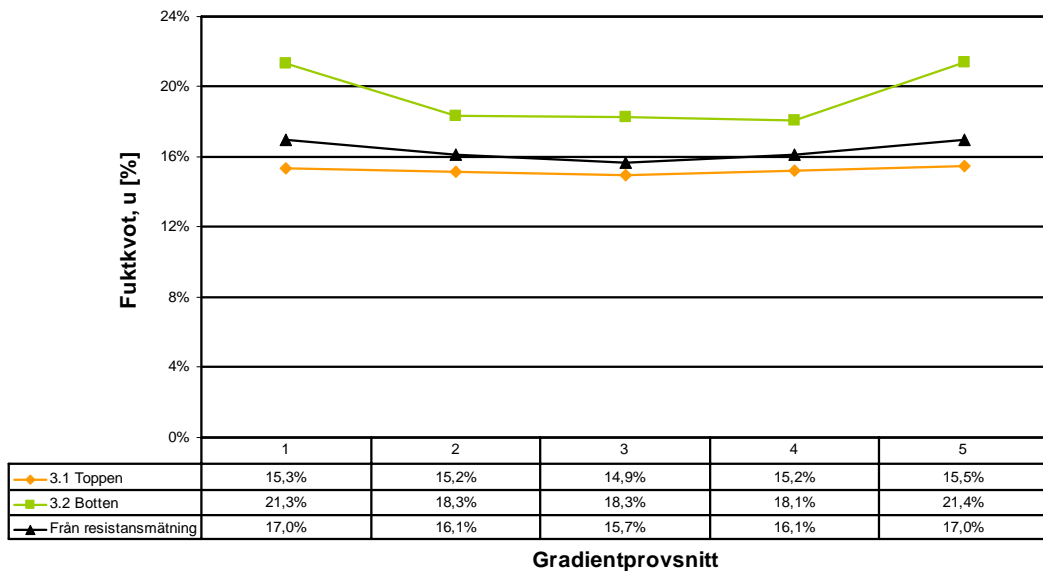
Fuktkvotgradient  
1. Obehandlad



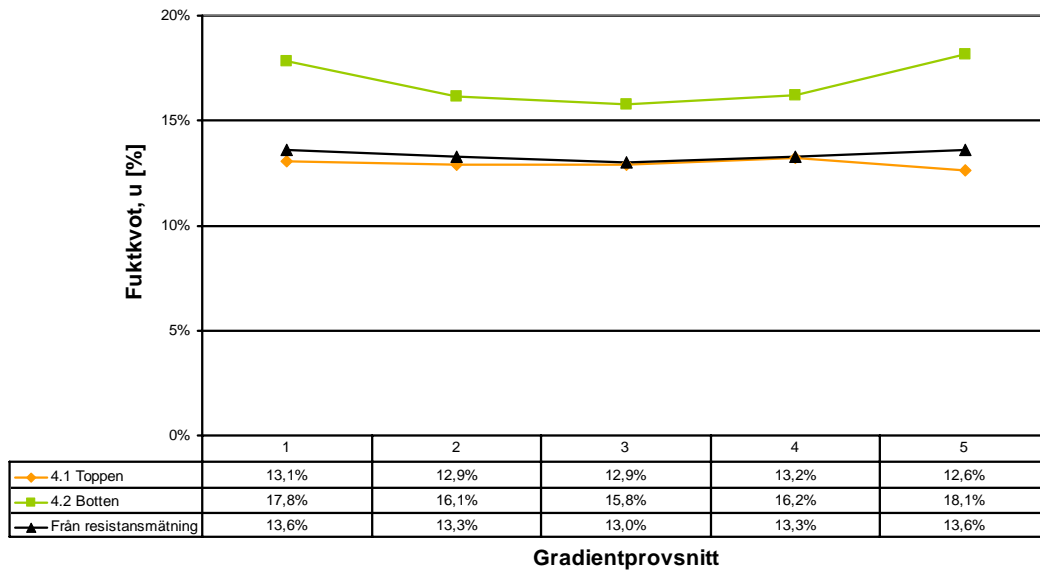
Fuktkvotgradient  
2. Palstfolie



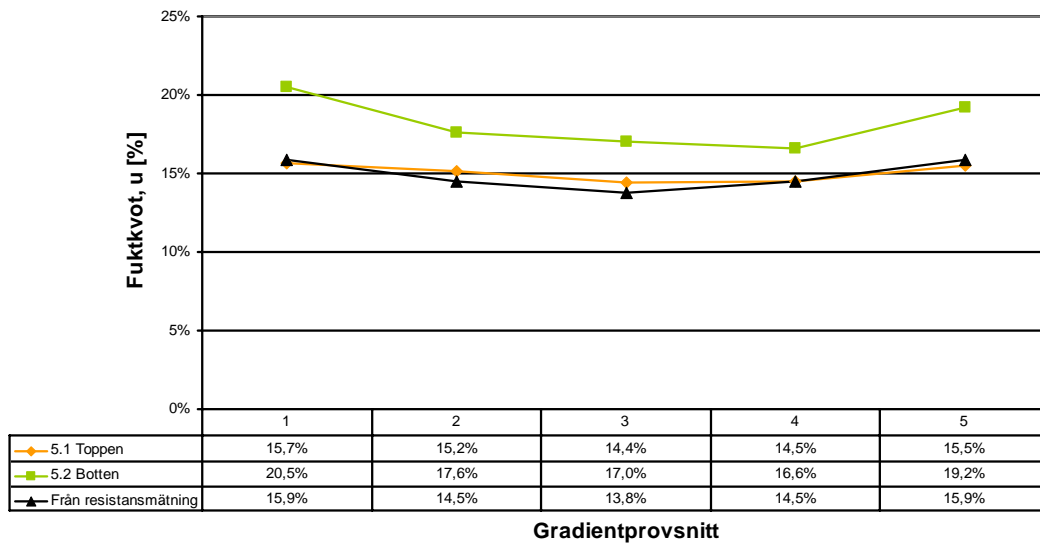
Fuktkvotgradient  
3. Primer



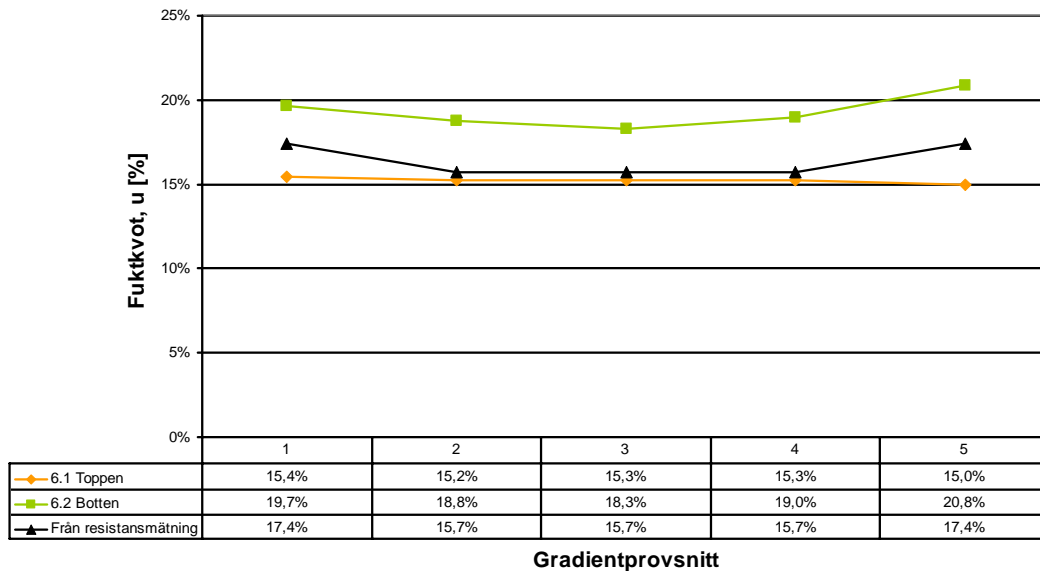
Fuktkvotgradient  
4. AquaStop



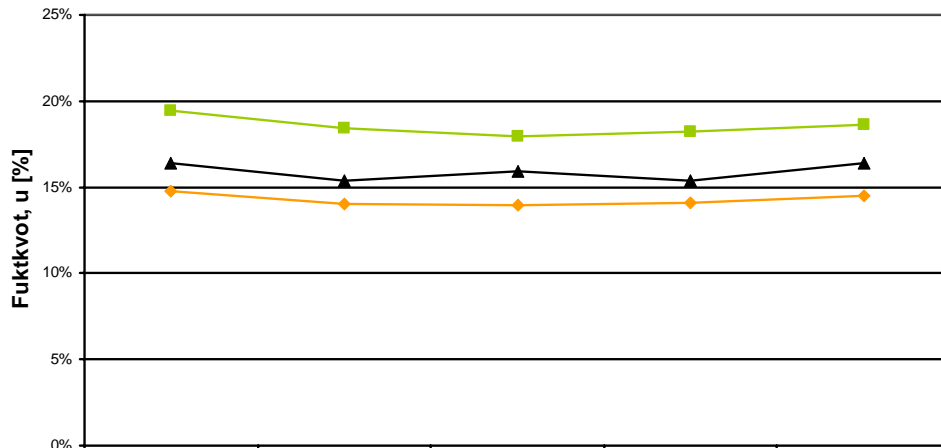
Fuktkvotgradient  
5. Vax



Fuktkvotgradient  
6. Vax



Fuktkvotgradient  
7. Obehandlad



	1	2	3	4	5
7.1 Toppen	14,8%	14,0%	14,0%	14,1%	14,5%
7.2 Botten	19,4%	18,4%	18,0%	18,2%	18,6%
Från resistansmätning	16,4%	15,4%	15,9%	15,4%	16,4%

Gradientprovsnitt

## 5 Gradientprov - Vertikalt

1	1	2	3	4	5
$m_b$	35,226	32,914	32,874	36,170	39,022
$m_t$	30,381	27,511	27,582	30,413	32,649
$m_v$	4,845	5,403	5,292	5,757	6,373
<b>u</b>	<b>15,9%</b>	<b>19,6%</b>	<b>19,2%</b>	<b>18,9%</b>	<b>19,5%</b>

2	1	2	3	4	5
$m_b$	28,574	31,690	37,660	35,838	37,033
$m_t$	25,757	28,402	33,916	32,459	33,711
$m_v$	2,817	3,288	3,744	3,379	3,322
<b>u</b>	<b>10,9%</b>	<b>11,6%</b>	<b>11,0%</b>	<b>10,4%</b>	<b>9,9%</b>

3	1	2	3	4	5
$m_b$	33,479	36,935	31,466	32,073	35,281
$m_t$	28,880	31,088	26,450	27,044	29,571
$m_v$	4,599	5,847	5,016	5,029	5,710
<b>u</b>	<b>15,9%</b>	<b>18,8%</b>	<b>19,0%</b>	<b>18,6%</b>	<b>19,3%</b>

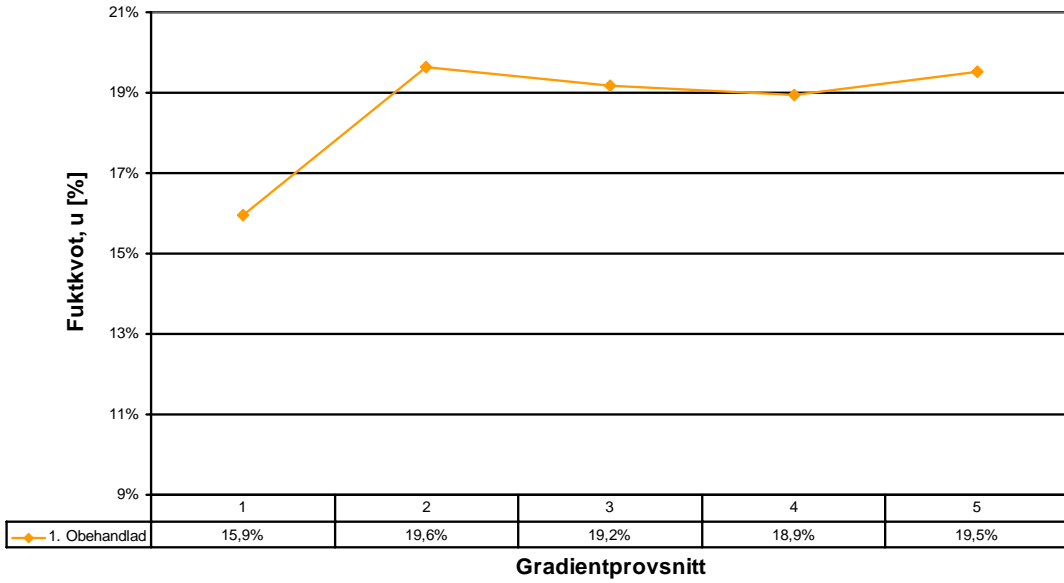
4	1	2	3	4	5
$m_b$	36,768	35,377	32,484	34,782	36,350
$m_t$	32,491	30,601	28,147	30,215	31,118
$m_v$	4,277	4,776	4,337	4,567	5,232
<b>u</b>	<b>13,2%</b>	<b>15,6%</b>	<b>15,4%</b>	<b>15,1%</b>	<b>16,8%</b>

5	1	2	3	4	5
$m_b$	33,860	35,551	33,490	40,756	39,880
$m_t$	29,605	30,239	28,634	34,987	33,851
$m_v$	4,255	5,312	4,856	5,769	6,029
<b>u</b>	<b>14,4%</b>	<b>17,6%</b>	<b>17,0%</b>	<b>16,5%</b>	<b>17,8%</b>

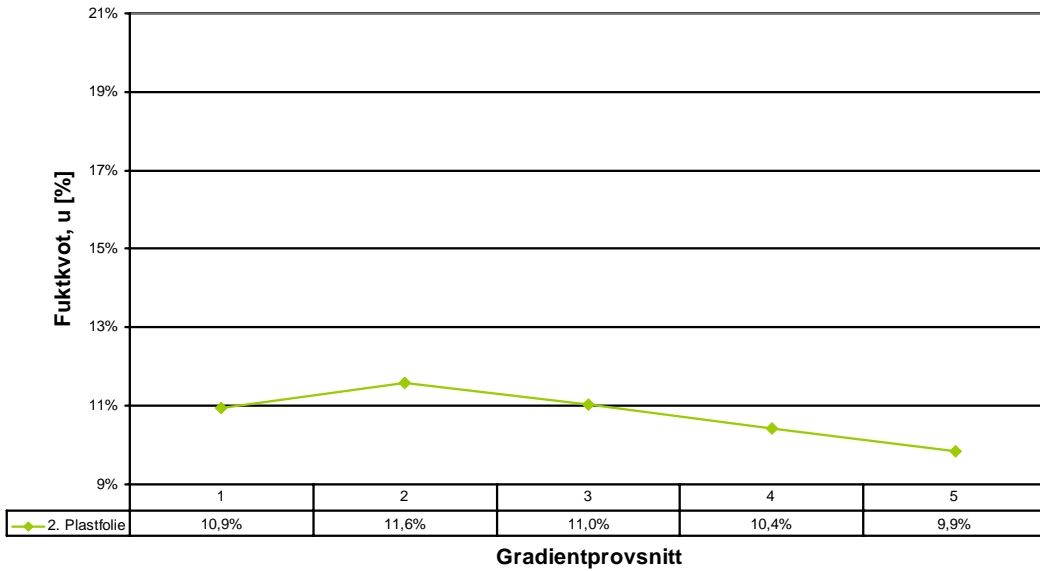
6	1	2	3	4	5
$m_b$	35,112	33,924	33,160	38,507	43,533
$m_t$	30,335	28,256	27,896	32,458	36,479
$m_v$	4,777	5,668	5,264	6,049	7,054
<b>u</b>	<b>15,7%</b>	<b>20,1%</b>	<b>18,9%</b>	<b>18,6%</b>	<b>19,3%</b>

7	1	2	3	4	5
$m_b$	38,379	31,866	30,306	29,790	27,019
$m_t$	33,626	27,033	25,647	25,192	22,729
$m_v$	4,753	4,833	4,659	4,598	4,290
<b>u</b>	<b>14,1%</b>	<b>17,9%</b>	<b>18,2%</b>	<b>18,3%</b>	<b>18,9%</b>

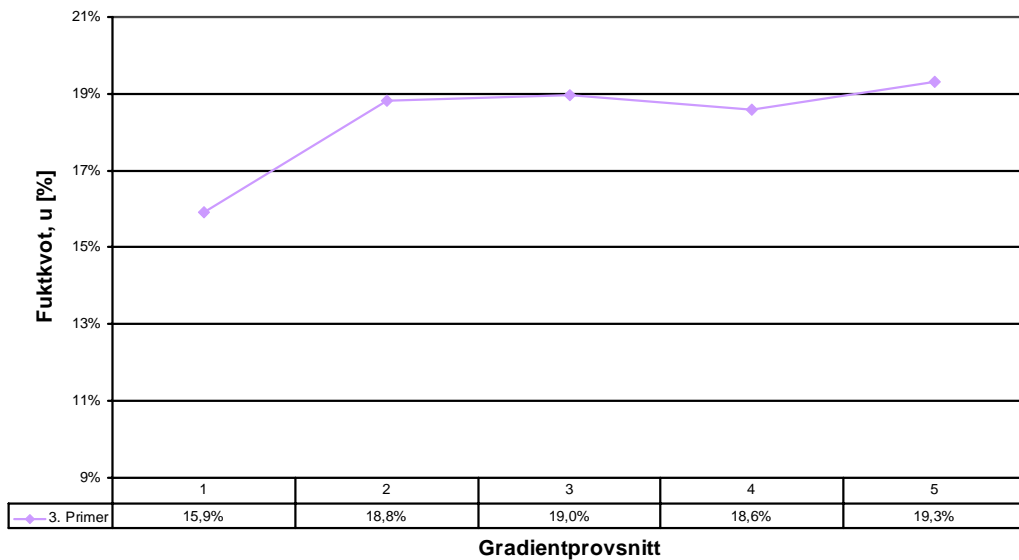
Fuktkvotgradient  
1. Obehandlad



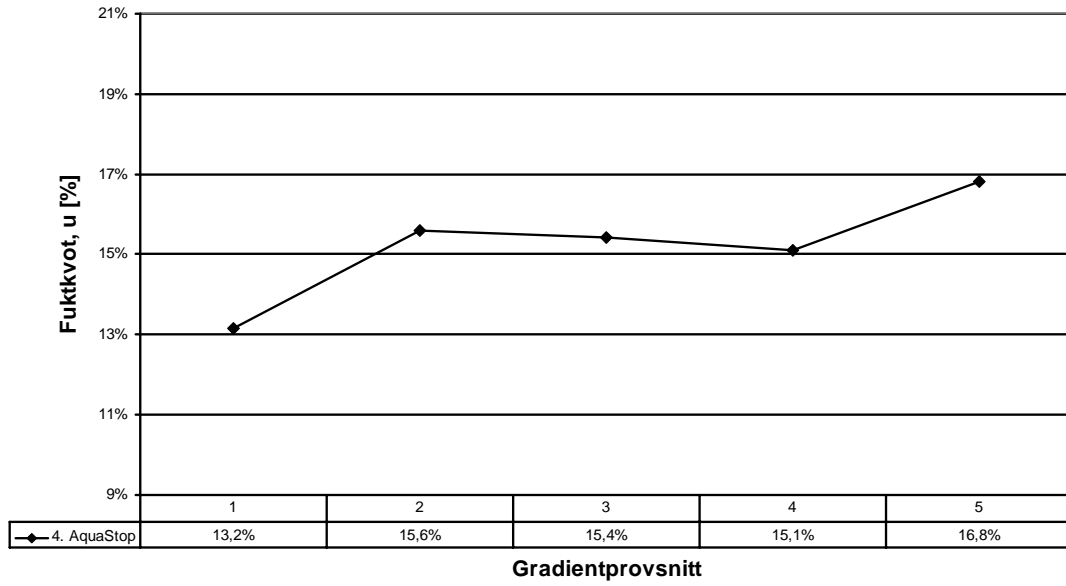
Fuktkvotgradient  
2. Plastfolie



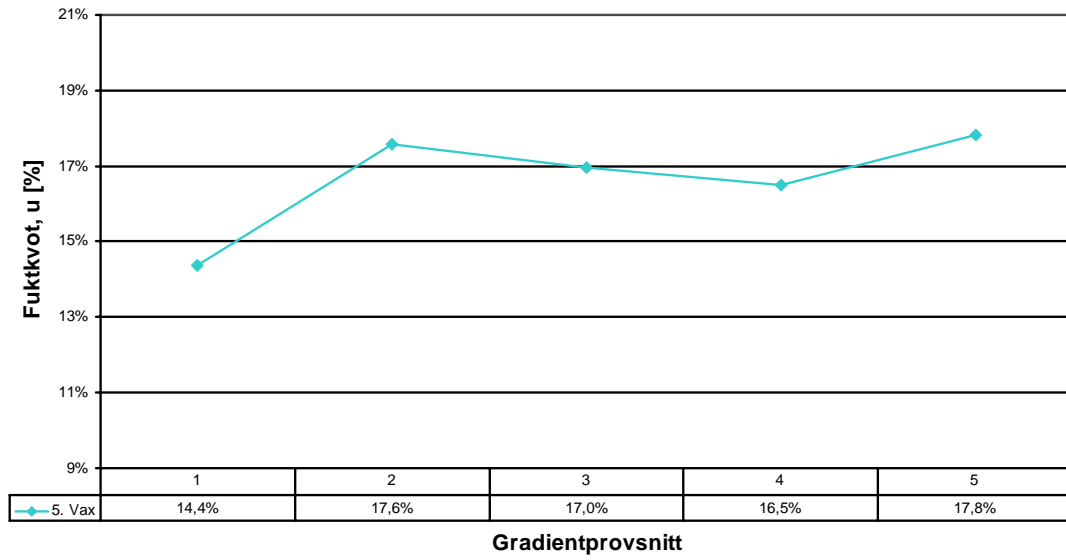
Fuktkvotgradient  
3. Primer



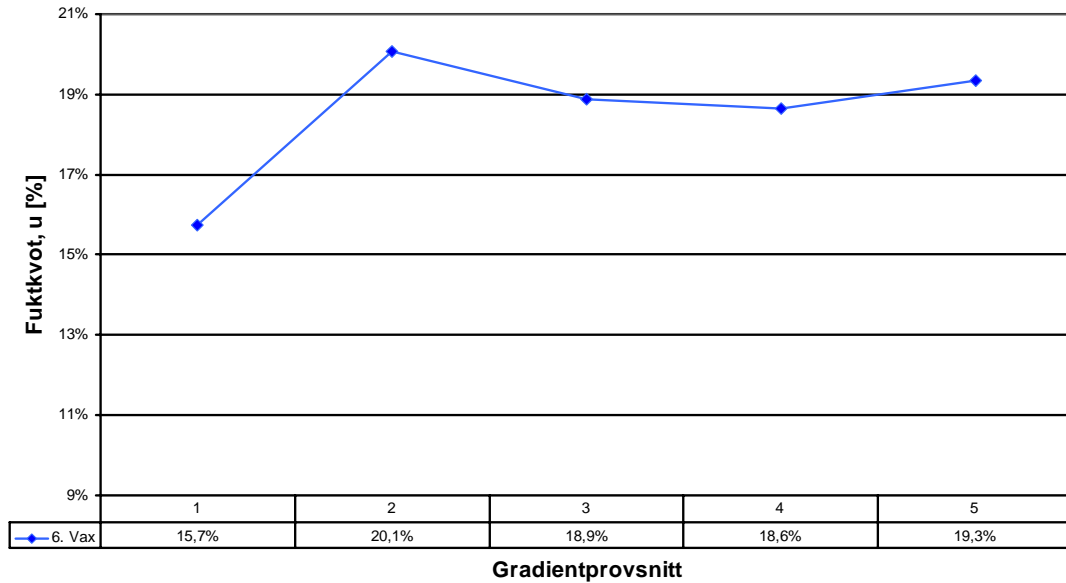
Fuktkvotgradient  
4. AquaStop



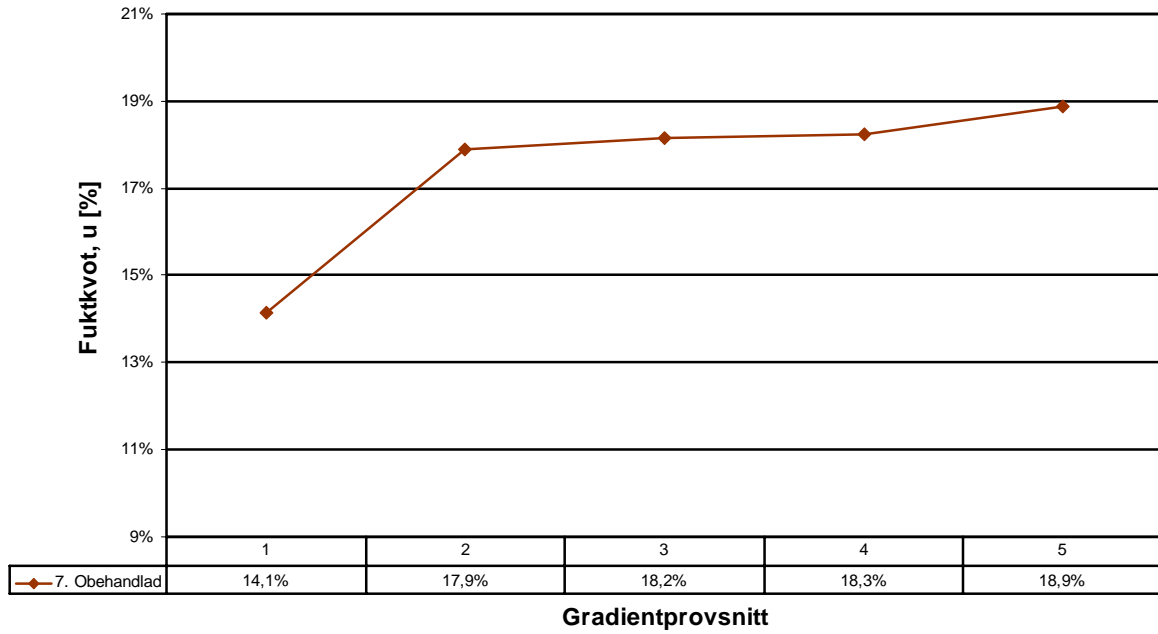
Fuktkvotgradient  
5. Vax



Fuktkvotgradient  
6. Vax



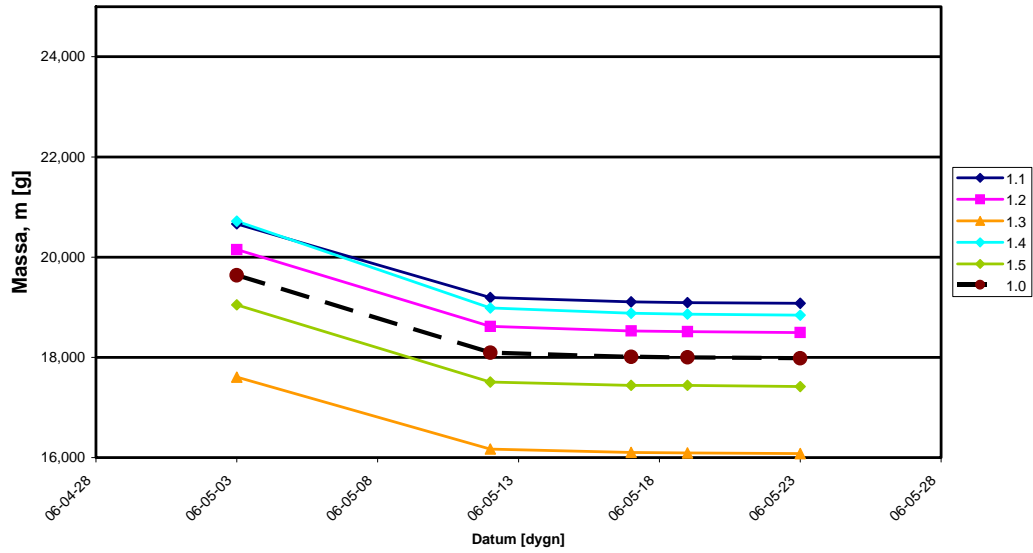
Fuktkvotgradient  
7. Obehandlad



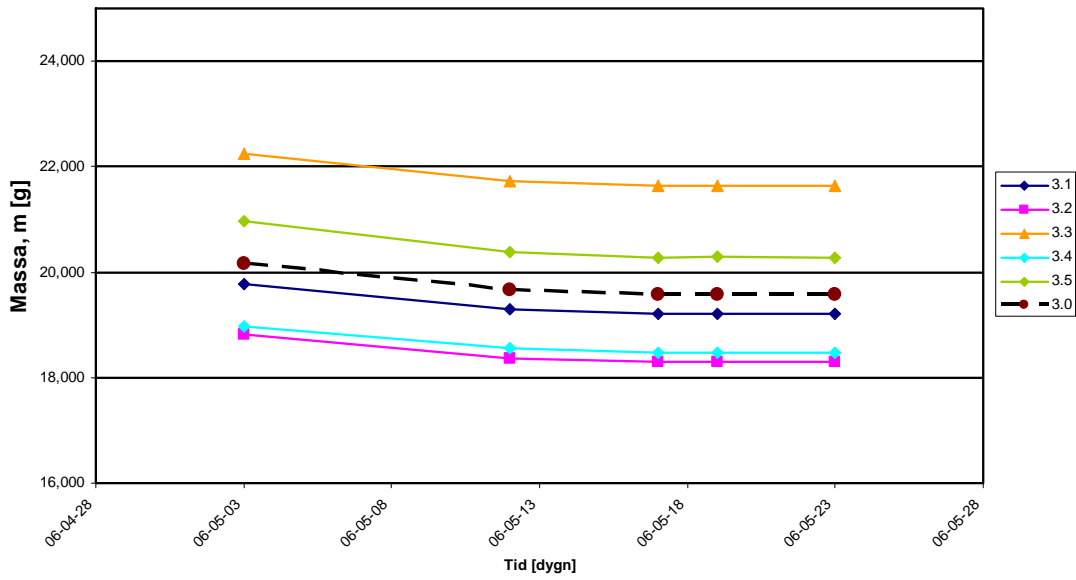
## Sorptionsdata - EPSCement EC350K

Datum		2006-05-03	2006-05-12	2006-05-17	2006-05-19	2006-05-23	2006-05-25		Fuktkvot	Fukthalt	
Klimat	Prov	$m_0$	$m_b$				$m_t$	$m_v$	$u$	$w$	$kg/m^3$
KC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> RF 26,9%	1.1	20,667	19,195	19,108	19,095	19,082	18,680	0,402	2,15%	0,97%	4,36
	1.2	20,152	18,618	18,528	18,513	18,498	18,100	0,398	2,20%	0,99%	4,45
	1.3	17,607	16,170	16,105	16,093	16,080	15,740	0,340	2,16%	0,97%	4,37
	1.4	20,718	18,985	18,880	18,864	18,843	18,440	0,403	2,19%	0,98%	4,43
	1.5	19,050	17,510	17,443	17,443	17,417	17,030	0,387	2,27%	1,02%	4,6
Medelvärde:		19,639	18,096	18,013	18,002	17,984	17,598	0,386	2,19%	0,99%	4,4 $kg/m^3$
Förändring i fukttinnehåll:			7,86%	8,28%	8,34%	8,43%					
CrO <sub>3</sub> RF 42,5%	2.1	18,740	17,771	17,698	17,677	17,664	17,060	0,604	3,54%	1,59%	7,17
	2.2	17,293	16,297	16,223	16,201	16,178	15,610	0,568	3,64%	1,64%	7,37
	2.3	22,181	21,026	20,898	20,858	20,827	20,030	0,797	3,98%	1,79%	8,06
	2.4	18,200	17,127	17,007	16,967	16,940	16,300	0,640	3,93%	1,77%	7,95
	2.5	22,363	21,019	20,902	20,861	20,837	20,060	0,777	3,87%	1,74%	7,84
Medelvärde:		19,755	18,648	18,546	18,513	18,489	17,812	0,677	3,79%	1,71%	7,7 $kg/m^3$
Förändring i fukttinnehåll:			5,61%	6,12%	6,29%	6,41%					
NaNO <sub>2</sub> RF 65,4%	3.1	19,767	19,306	19,220	19,220	19,212	17,800	1,412	7,93%	3,57%	16,1
	3.2	18,826	18,370	18,302	18,309	18,303	17,070	1,233	7,22%	3,25%	14,6
	3.3	22,250	21,722	21,632	21,644	21,632	20,130	1,502	7,46%	3,36%	15,1
	3.4	18,971	18,557	18,466	18,467	18,464	17,120	1,344	7,85%	3,53%	15,9
	3.5	20,958	20,371	20,270	20,292	20,283	18,850	1,433	7,60%	3,42%	15,4
Medelvärde:		20,154	19,665	19,578	19,586	19,579	18,194	1,385	7,61%	3,43%	15,4 $kg/m^3$
Förändring i fukttinnehåll:			2,43%	2,86%	2,82%	2,86%					
NH <sub>4</sub> Cl RF 78,6%	4.1	20,753	20,697	20,731	20,753	20,762	19,040	1,722	9,04%	4,07%	18,3
	4.2	20,280	20,278	20,336	20,357	20,385	18,840	1,545	8,20%	3,69%	16,6
	4.3	22,356	22,337	22,418	22,449	22,496	20,830	1,666	8,00%	3,60%	16,2
	4.4	21,889	21,923	21,977	22,000	22,036	20,300	1,736	8,55%	3,85%	17,3
	4.5	23,772	23,672	23,725	23,741	23,774	21,800	1,974	9,06%	4,07%	18,3
Medelvärde:		21,810	21,781	21,837	21,860	21,891	20,162	1,729	8,57%	3,86%	17,4 $kg/m^3$
Förändring i fukttinnehåll:			0,13%	-0,13%	-0,23%	-0,37%					
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10H <sub>2</sub> O RF 93%	5.1	18,075	18,275	18,287	18,309	18,351	16,590	1,761	10,61%	4,78%	21,5
	5.2	17,653	17,809	17,821	17,841	17,874	16,090	1,784	11,09%	4,99%	22,5
	5.3	20,032	20,225	20,243	20,260	20,296	18,180	2,116	11,64%	5,24%	23,6
	5.4	23,875	24,116	24,140	24,157	24,201	21,660	2,541	11,73%	5,28%	23,8
	5.5	20,889	21,044	21,070	21,090	21,122	18,780	2,342	12,47%	5,61%	25,3
Medelvärde:		20,105	20,294	20,312	20,331	20,369	18,260	2,109	11,51%	5,18%	23,3 $kg/m^3$
Förändring i fukttinnehåll:			-0,94%	-1,03%	-1,13%	-1,31%					

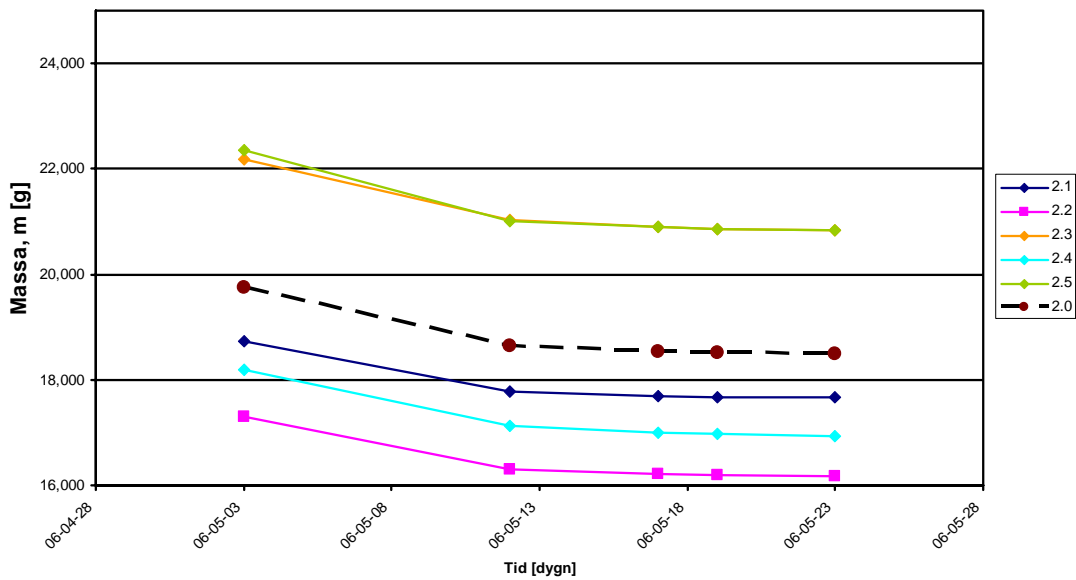
Klimat RF 26,9%



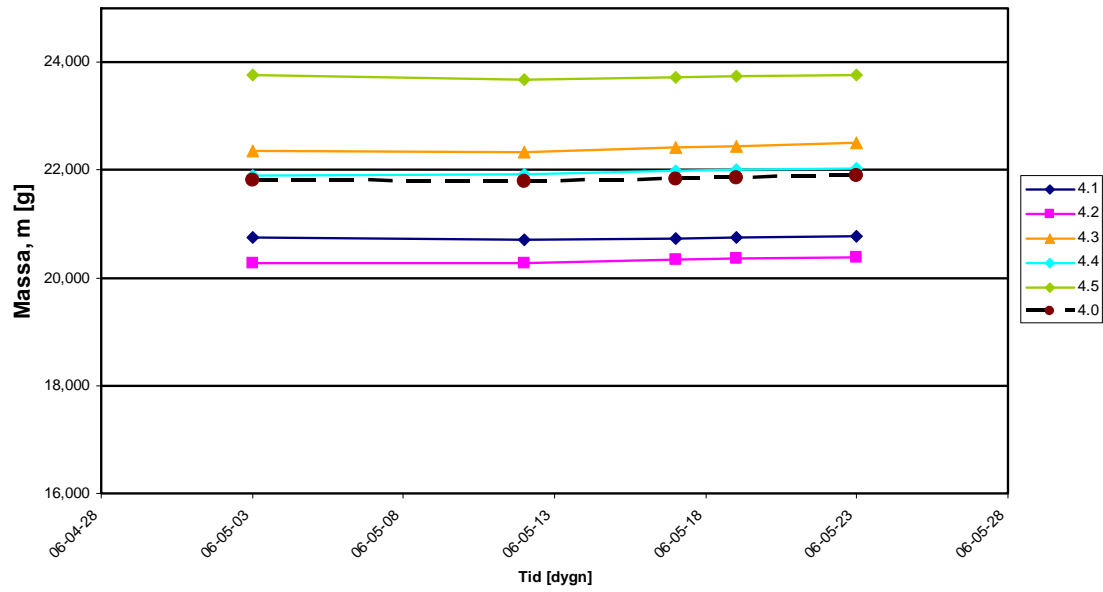
Klimat RF 42,5%



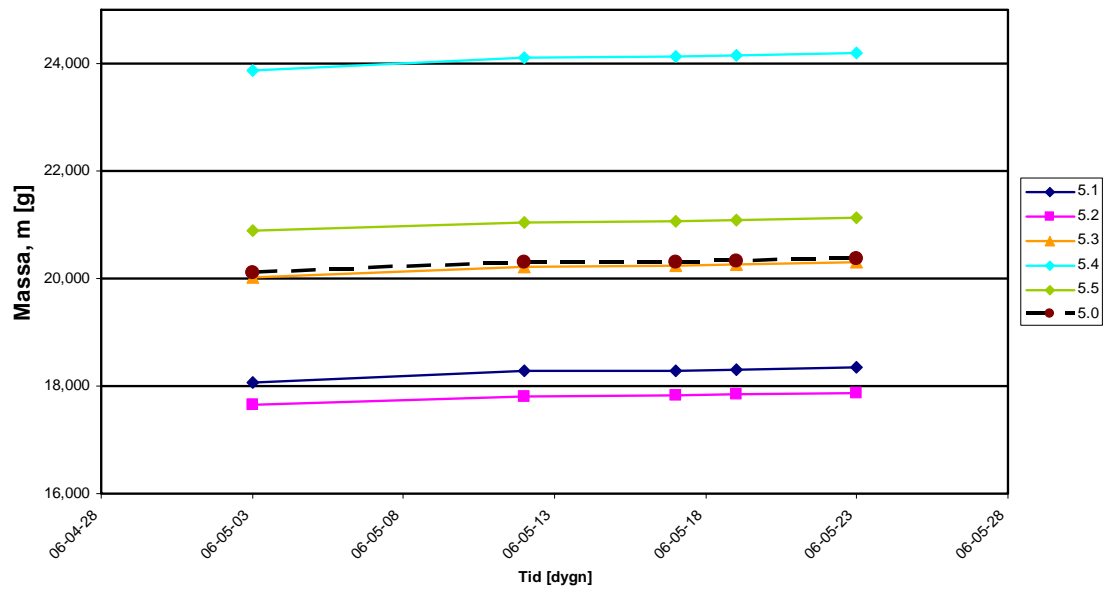
Klimat RF 65,4%



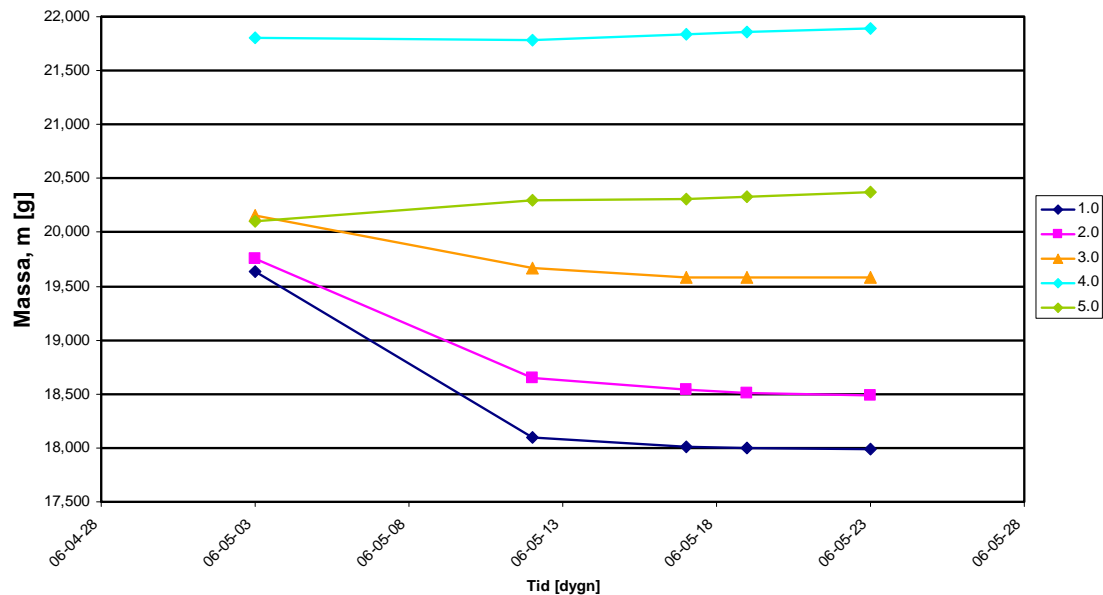
### Klimat 78,6 %



### Klimat RF 94,2%

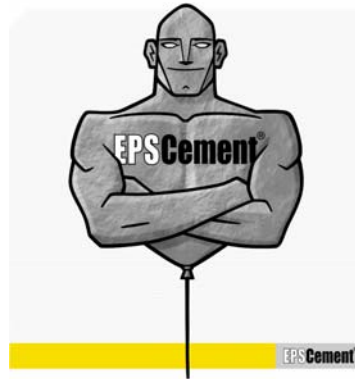


### Medelvärden









## Produktinformation – EPSCement EC350K<sup>®</sup>

EPSCement i säck är en färdig torrblandning av EPS-partiklar och cement i rätt proportioner förpackat i säck, färdigt att blandas med vatten. Principen för användning är enkel: Mät upp vatten, tillsätt innehållet i säcken, blanda och gjut.

EPSCement i säck finns för närvarande i två versioner, *EPSCement EC350K*, avsedd att appliceras för hand och *EPSCement EC350M*, avsedd att appliceras med maskinell pumpning. Båda versionerna levereras i säck om 50 liter med en vikt på 17 kg.

EPSCement EC350K är avsedd att läggas ut för hand och är därför lämplig för mindre ytor. Produkten blandas säckvis med blandarvisp i tunna om ca 100 liter eller flera säckar i frifallsblandare (s.k. Tombola) eller planblandare.

### *Blandning, tjocklekar, åtgång och torktider*

Blandning: 1 säck om 50 liter EPSCement blandas med 6,4 liter vatten. Tillsätt hela vattenmängden först. Blanda alltid hela säcken/ar vid ett och samma tillfälle.

Tjocklek: EPSCement EC350K skall läggas i en minsta sammanlagd tjocklek av EPSCement EC350K och avjämning/slipsats om 50 mm varav minst 20 mm EPSCement. Vid läggning på mark rekommenderas dock tjockleken för EPSCement EC350K vara minst 150 mm för att god värmeisolering skall uppnås.

Någon övre gräns för hur tjockt produkten kan läggas finns inte och tjockleken kan tillåtas variera för att ta upp ojämnheter och nivåskillnader i underlaget.

### Åtgångsexempel:

Antal m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>
Tjocklek	20 mm	30 mm	50 mm	100 mm
Åtgång	200 liter	300 liter	500 liter	1000 liter

Uttorkning, gångbar: Efter ca 12 timmar om uttorkningsklimatet är ca 20 grader, 50 % relativ luftfuktighet och ett visst luftombyte.

Uttorkning, beläggningsbar: EPSCement har självuttorkande egenskaper och har efter ca 10 dagar en relativ fuktighet som ligger under 90 %. Efter 2-3 månader är RF under 85 %.

Materialet kan därför beläggas med avjämning/slipsats omgående efter slutförd gjutning på ytor som kan behandlas utan att beträdas eller så snart gjutningen är gångbart på ytor som måste beträdas. Det är viktigt att det gjutna materialet inte ligger öppet för länge. Lagg på avjämningsmassa, slipsats eller diffusionsspärr inom 3 dygn efter gjutning.

### *Gjutning*

Förberedelser: Se till att underlag, material och blandningsvatten har en temperatur om minst +10°C.

Förbehandling: Det är viktigt att underlaget inte suger upp vatten från EPSCement EC350K. Vid läggning med vidhäftning mot underlaget skall underlaget förbehandlas med golvprimer spädd med vatten i enlighet med tillverkarens anvisningar. Golvytan skall vara ren och fri från damm, cementhud, fett eller andra föroreningar som kan hindra vidhäftning. Häll ut blandningen och borsta ut över hela golvytan.

Vid läggning i flytande konstruktion skall plastfolie läggas ut på hela golvytan och vikas upp mot väggar och andra anslutningspunkter. Tillse att folien sluter väl an mot underlaget, rör och anslutningspunkter så att inga luftfickor uppstår.

Väg av golvytan: Bestäm önskad höjdnivå för gjutningen genom att bygga upp avvägda höjdpunkter, t ex med betong eller cellplast. Placera punkterna i rak linje så tätt att du kan lägga ”banor” av t ex rör utan att de sviktar. Se också till att banorna kommer så tätt i sidled att ytan, när EPSCement EC350K lagts ut, kan jämnas av med rätskiva vilande på minst två banor samtidigt. Vid mindre ytor såsom t.ex. badrum kan ytan jämnas av med decolitstål (svärd) eller liknande verktyg.

EPSCement EC350K skall alltid beläggas med avjämningsmassa/slipsats innan golvytan beläggs med ytskikt såsom klinker, parkett eller textil/plastmatta.

## **Tekniska Data**

Brukstid		ca 1 timme
Gångbar		efter ca 12 timmar
Beläggningsbar		efter ca 12 timmar dock senast inom 3 dygn
Densitet (torr blandning i säck)		350 kg/m <sup>3</sup>
Densitet (torr efter gjutning och härdning)		450 kg/m <sup>3</sup>
Tryckhållfasthet		1,8 MPa
Böjdraghållfasthet		0,5 MPa
Värmeledningstal (lambda vid 10° C i torrt tillstånd)		0,08 W/m K
Ång genomgångsmotstånd	Z <sub>p</sub>	2,5 x 10 <sup>9</sup> m <sup>2</sup> s Pa/kg
	Z <sub>v</sub>	1,9 x 10 <sup>4</sup> s/m
Relativ fuktighet		
Efter ca 10 dygns självuttorkning		< 90 %
Efter ca 2 månaders självuttorkning		< 85 %









### Mechanical Data

Case Style : IP68 Style

#### Case Dimensions

Height : 34mm / 1.34"  
Width : 57mm / 2.25"  
Depth : 80mm / 3.15"  
Weight : 110g / 3.9 oz.

### Features

Memory Size : 32k (Non-volatile)  
No. of Readings : app. 16000 / channel  
Resolution : 8 bit  
Trigger Start : Magnetic reed switch  
Delayed Start : Relative / Actual up to 45 days  
Stop Options : When Full  
After n Readings  
Never (Wrap around)  
Reading Types : Actual, Min, Max.  
Logging Interval : 1 sec to 10 days  
Offload : While stopped or when logging in minute multiples  
Alarms : 2 fully Programmable  
Functional Range : -20°C → +85°C / -4°F → +185°F  
IP Rating : IP68 Waterproof (See special notes)  
Battery Life : Up to 4 years

#### Notes:

Battery replacement is recommended every 2 years. It may be replaced with Saft 3.6V 1/2AA Lithium cells. Stop the unit logging before replacing the battery. Functional Range describes the limits to which the datalogger may be subjected, **not** the range over which it will record.

### Sensor Details

#### Sensor 1: Temperature Range H

Range : -30 → 50°C / -22 → 122°F  
Sensor Type : 10k NTC Thermistor (Encapsulated)  
Sensor location : Internally Mounted  
Response Time : 20 min to 90% (air)  
Sensor accuracy : ± 0.2°C / ± 0.36°F  
From 0°C to 50°C / 32°F to 122°F  
Resolution : 0.25°C at 0°C / 0.45°F at 32°F

#### Sensor 2: Relative Humidity

Range : 0 → 100% RH  
Sensor Type : Capacitive  
Sensor Accuracy : ±3% at 25°C / 77°F  
Sensor Location : On side of unit  
Temp. Dependency : Low  
Response Time : 10 sec to 90% (Non-condensing)  
Resolution : Better than 0.5%RH

### Special Notes

When using the units at low temperatures, condensation may form. Before opening the case, allow the units to reach room temperature. The IP68 rating **does not** include the RH sensor, is only valid to a depth of 50ft (15m) and only when the connector cap is securely fitted.

The RH sensor has excellent long-term performance and can be wetted without damage, however accuracy will be temporarily impaired and it should be allowed up to 30 minutes to recover.

The sensor will resist small amounts of the following chemicals: Formaldehyde, Ammonia, Carbon Monoxide, Sulfur Dioxide, Ethylene Oxide, Hydrogen Chloride, Hydrogen Fluoride, Hydrogen Peroxide, Nitrogen Dioxide, Methyl Chloride, Chlorine, Freon, Methanol, Ethanol, Isopropanol and ozone. It also offers resistance to ultraviolet rays.

Salt solutions may cause permanent damage as crystals forming within the porous layers affect moisture levels there.

The sensor may be cleaned with de-ionised water or pure isopropanol, but **not with abrasive detergents**, as scratches or residue will affect the accuracy.

### Approvals

This equipment complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause any harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

This product is manufactured by Gemini Data Loggers (UK) Ltd to BS EN ISO 9001:2000 (Certificate No. 6134), and is CE approved to EN50081 part 1:1992 and EN50082 part 1 and 2:1992/95 with any standard leads or probes supplied.



NAMAS traceable calibration certificates are available on individual units.

### Interface Information and Related Products

#### To use your Tiny Data Logger you will require:

Tinytag interface cable (CAB-0007), PC with GLM for Windows™ (SW-0009) or Easyview for Windows 95™ (SW-0500).

#### Further Related Products:

ACS-6000 Trigger Start Magnet  
SER-9530 Tinytag Plus/I.S. Service Kit including battery, seal and silica gel pack.  
TGP-1510 Tinytag Plus Temperature Range H internal / Range G for Standard Probe. 2 channel temperature logger

# HM70 Hand-Held Humidity and Temperature Meter for Spot-Checking Applications



*The Vaisala HUMICAP® Hand-Held Humidity and Temperature Meter HM70 is a high-performance, portable humidity reference that is exciting to use.*

The Vaisala HUMICAP® Hand-Held Humidity and Temperature Meter HM70 is a user-friendly meter for demanding spot-checking humidity measurements. It is ideal for field checking and calibration of Vaisala's fixed humidity instruments.

## Three probes to choose from

The HMP75 is a general purpose probe for humidity measurements between -20 and +60 °C. The HMP76 is a long, stainless steel probe for humidity measurements between -50 and +120 °C. It is especially suitable for spot-checking in ducts. The HMP77 probe has a small sensor head at the end of a 5-meter cable. The probe is ideal for difficult-to-reach areas and for on-site calibration of Vaisala's process transmitters. The measurement range is for temperatures up to +180 °C.

One or two probes can be connected simultaneously. In addition, the HM70 supports the use of Vaisala's dewpoint, carbon dioxide and moisture in oil probes, allowing measurements in multiparameter applications.

## Easy-to-use user interface and three-variable display

The HM70 features a multilingual, menu-based user interface, and a clear graphical LCD display. Overall three measurement parameters can be displayed and logged into the meter's memory at the same time. An analog output option is also available.

## Proven HUMICAP® technology

The HM70 incorporates Vaisala HUMICAP® Sensor, which provides reliable and high performance humidity measurement with excellent long-term stability.

## Options improve performance in demanding applications

The chemical purge option maintains measurement accuracy in environments with high concentrations of chemicals. The sensor preheat option reduces measurement delays by keeping the sensor dry when the probe is inserted into hot and humid processes.

## Features/Benefits

- Multilingual user interface
- Shows measurement trends graphically
- Proven Vaisala HUMICAP® Sensor technology
- 3 probes, temperature measurement ranges between -70 and +180 °C
- Multiprobe operation; dewpoint and CO<sub>2</sub> probes can also be connected
- Displays various humidity parameters
- Sensor preheat and chemical purge options for demanding conditions
- Data can be logged, and transferred to a PC via MI70 Link software
- Rugged and reliable - even in extreme conditions
- NIST traceable (certificate included)

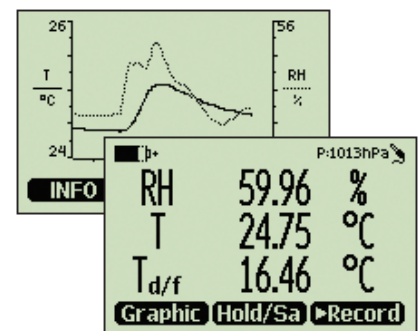
## Calibration

The meter is calibrated at the factory against traceable standards, and delivered with a calibration certificate. Also, the HM70 is available with accredited calibration.

The HM70 probes can be sent to a Vaisala Service Center for a traceable recalibration.

## MI70 Link

The optional MI70 Link Windows® software is a practical tool for transferring logged data and real time measurement data from the HM70 to a PC.



*The graphic display shows the stabilization of measurements and process trends.*

# Technical Data

## HMP75, HMP76 and HMP77 probes

### Measured variables

#### Relative humidity

Measurement range	0...100 %RH
Accuracy (including nonlinearity, hysteresis and repeatability)	
at +20 °C (+68 °F)	±1 %RH (0...90 %RH)
at -20...+40 °C (-4...+104 °F)	±1.7 %RH (90...100 %RH)
at +40...+180 °C (+104...+356 °F)	±(1.0 + 0.008 x reading) %RH
Factory calibration uncertainty (+20 °C / +68 °F)	±0.6 %RH (0...40 %RH)
	±1.0 %RH (40...97 %RH)
	(Defined as ±2 standard deviation limits.)

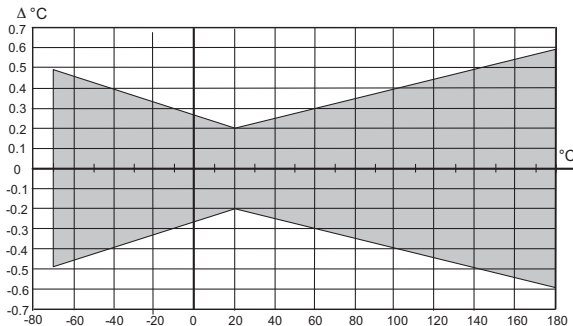
Response time (90%) at +20 °C (+68 °F) still air	
HMP75 (with standard plastic grid)	8 s
HMP76 (with standard sintered bronze filter)	40 s
HMP77 (with standard plastic grid with stainless steel netting)	20 s

Sensor	HUMICAP® 180C (chemical purge, sensor preheat)
Typical long-term stability	better than 1 %RH / year

#### Temperature

Measurement range	
HMP75	-20...+60 °C (-4...+140 °F)
HMP76	-50...+120 °C (-58...+248 °F)
short time	-50...+180 °C (-58...+356 °F)
HMP77	-70...+180 °C (-94...+356 °F)
Accuracy at +20 °C (+68 °F)	±0.2 °C (0.36 °F)

Accuracy over temperature range (see graph).



Temperature sensor	Pt100 IEC751 1/3 class B
--------------------	--------------------------

### Calculated variables (typical ranges)

Dewpoint temperature	-20...+100 °C (-4...+212 °F)
Mixing ratio	0...600 g/kg dry air
Absolute humidity	0...600 g/m <sup>3</sup>
Wet bulb temperature	0...100 °C (+32...+212 °F)
Enthalpy	0...160 kJ/g
Water vapor pressure	0...1000 hPa

The accuracies of these calculated variables are limited by the accuracies of the measured variables on which they are based, namely RH and T. The RH and T accuracies are stated above under Measured Variables.

### Probe general

Operating temperature range for electronics	-40...+60 °C (-40...+140 °F)
Housing classification	IP65 (NEMA 4)
Housing material	ABS/PC blend
Probe material	Stainless steel (AISI316L)
Cable length between probe and indicator	1.9 m
Weight	
HMP75	250 g
HMP76	350 g
HMP77	500 g

## MI70 measurement indicator

### Indicator general

Menu languages	English, French, Spanish, German, Swedish, Finnish
Display	LCD with backlight, graphic trend display of any parameter, character height up to 16 mm
Probe inputs	1 or 2
Power supply	Rechargeable NiMH battery pack with AC-POWER or 4xAA-size alkalines, type IEC LR6
Analog output	0...1 VDC
Output resolution	0.6 mV
Data interface	RS-232
Data logging capacity	2700 points
Alarm	audible alarm function
Operating temperature range	-10...+40 °C (+14...+104 °F)
Operating humidity range	non-condensing
Housing classification	IP54
Weight	400 g
Battery operation time	
Continuous use	48 h typical at +20 °C (+68 °F)
Datalogging use	up to 30 days
Complies with EMC standard EN61326-1:1997 + Am1:1998 + Am2:2001; Industrial Environment.	

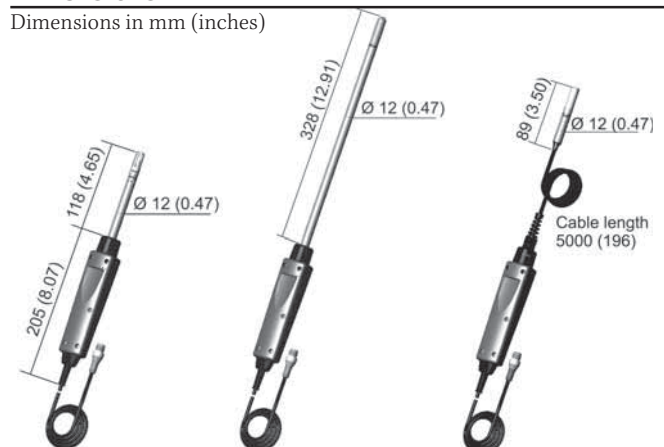
## MI70 indicator + probe = HM70

### Accessories

Carrying cases	
for MI70 and HMP75/77 probe	MI70CASE
for MI70 and HMP75/76 probe	MI70CASE2
Transmitter connection cables for	
HMP230 Series	27159ZZ
HMT330 & HMT320 Series	211339
HM60/70/140 Series	HMA6070
HM20/30/130 Series	HMA2030
Analog output cable	27168ZZ
Windows' software, includes PC connection cable	MI70LINK
Sensor protection	
HMP75	
Plastic PC grid (HMP75 standard)	6221
Membrane filter	10159HM
Sintered bronze filter	DRW212987SP
HMP76/77	
Plastic PPS grid	DRW010276SP
Sintered stainless steel filter	HM47280SP
Sintered bronze filter (HMP76 standard)	DRW212987SP
PPS grid with SS netting (HMP77 standard)	DRW010281SP

### Dimensions

Dimensions in mm (inches)



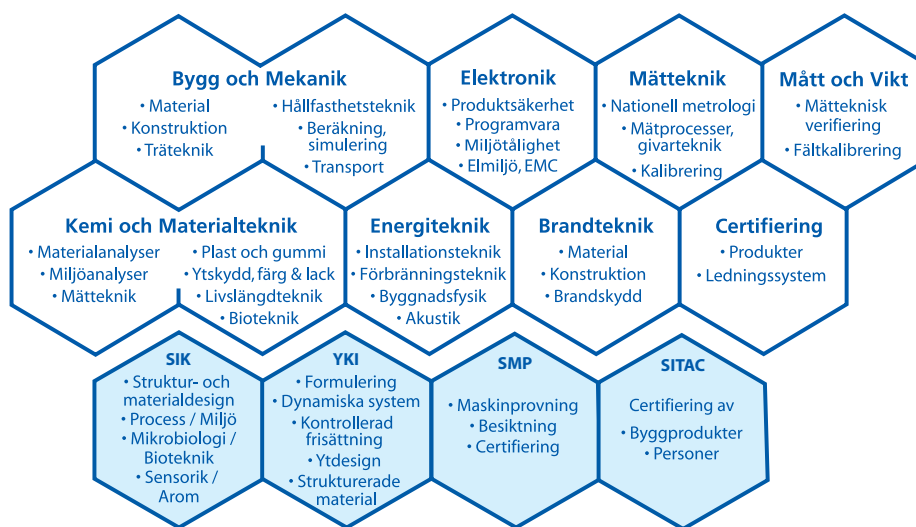
HUMICAP® is a registered trademark of Vaisala.  
Specifications subject to change without prior notice.  
© Vaisala Oyj







**SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut** utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är drygt 830 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och fyra dotterbolag.

SP Träteknik  
 SP RAPPORT 2006\_35  
 ISBN 91-885533-20-3  
 ISSN 0284-5172



**SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut**

Box 857  
 501 15 BORÅS  
 Telefon: 033-16 50 00, Telefax: 033-13 55 02  
 E-post: [info@sp.se](mailto:info@sp.se), Internet: [www.sp.se](http://www.sp.se)

A Member of

 **United Competence**