

HÖGSKOLAN I BORÅS



INSTITUTIONEN INGENJÖRSHÖGSKOLAN

ENERGIBESPARING I LÄTTBETONGBYGGNADER GENOM VATTENAVVISANDE IMPREGNERING

SAVING ENERGY IN LIGHT CONCRETE
BUILDINGS BY USING
WATER REPELLANT IMPREGNATION

THOMAS KLINGVALL
ELLOS 0708-345226

Sammanfattning.

Att fukt i byggnads material försämrar isoleringsförmågan är väl känt sedan lång tid tillbaka. Olika material påverkas dock inte lika mycket. Detta projekt har haft som mål att visa hur mycket en vattenavvisande impregnering av en lättbetongvägg kan minska värmeflödet till följd av att materialet hålls torrt.

Mätningar har gjorts i ett speciellt för ändamålet byggt provhus som uppfördes 1996 och försetts med mätutrustning som bl. a. byggts in i väggarna.

Resultatet av mätningarna visar att värmeflödet genom en impregnerad lättbetongvägg minskar med 30 – 40% och energiförbrukningen för en lagerbyggnad på 5000 m² med ca 5 - 10%.

Abstract.

It is a wellknown fact that humidity in construction materials deteriorates the ability of insulation. The affection is not the same for different materials, but it is big for light concrete. This degree project is aimed to investigate how much a water repellent impregnation can reduce the heat flow in this kinds of walls.

A special test house was built in 1996 and it was provided with measurement equipment inside, outside and in the walls. The house has now been used to measure heat flow in both impregnated and unimpregnated light concrete walls.

The results shows that the heatflow is reduced by 30 – 40 % in a wall and by 5 - 10 % in a 5000 m² warehouse building built from light concrete.

Förord

Föreliggande examensarbete har utförts på initiativ av Nordisk Stenimpregnering, Borås Kommun Servicekontoret och Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut SP. Övriga intressenter är bl.a. AB Bostäder i Borås som enligt Christer Nilsson utfört impregneringar med gott resultat och Färgbolaget i Borås. Arbetet har utförts vid Byggnadsfysik vid SP i Borås och byggtekniklaboratoriet vid Högskolan i Borås. Handledare har varit Christer Johansson från byggnadsfysik vid SP utan vars hjälp det här projektet inte gått att genomföra. Till mycket stor hjälp har Jan Isberg vid Ingenjörshögskolan varit, Arne Svärd vid servicekontoret och Sara Andersson vid Nordisk Stenimpregnering har stöttat och hjälpt till i projektet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
Abstract.....	2
Förord.....	3
1. Inledning.....	5
1.1 Bakgrund och historik.....	5
1.2 Syfte.....	5
1.3 Genomförande och begränsningar.....	5
2. Provhuset.....	6
2.1 Läge.....	6
2.2 Byggnaden.....	6
2.3 Impregneringen.....	7
3. Mätningarna.....	8
3.1 Insamling.....	8
3.2 Mätutrustning och placering.....	9
3.3 Kalibrering.....	10
4. Värmeflöde.....	10
4.1 Värmeflödesmätare.....	10
4.2 Mätresultat.....	10
5. Laboration och utvärderingar.....	12
5.1 Borrprover.....	12
5.2 Bestämning av skrymdensitet.....	14
5.3 Resultat av mätningar i högskolans laboratorium.....	14
5.4 Fukthalt.....	15
5.5 Värmekonduktiviteten λ	16
5.5.1 Värdet från Lättbetonghandboken.....	16
5.5.2 Uppmätta λ -värden.....	17
5.5.3 Relativ fuktighet – vatteninnehåll.....	18
5.5.4 Luftens vatteninnehåll - ånghalt.....	21
5.5.5 λ -värdets fuktberoende.....	22

5.5.6 Kapillärsugning.....	24
6. Beräkning för en lagerbyggnad.....	24
7. Mätningar på Ellos lagerbyggnad.....	25
8. Solinstrålningens påverkan.....	26
9. Problem vid genomförandet.....	27
10. Diskussion.....	27
Referenser.....	28
Bilagor.....	29 ff

1. Inledning

1.1 Bakgrund och historik.

Många undersökningar och examensarbeten har gjorts om vattenavvisande impregnering. De har handlat om inträngningsdjup, olika kemiska sammansättningar för olika material mm. Det har i branschen talats mycket om att impregneringen också skulle medföra energibesparing eftersom kapillärsugning förhindras och de impregnerade konstruktionsdelarna hålls torra.

1.2 Syfte.

Föreliggande examensarbete syftar till att genom mätningar i ett för ändamålet specialbyggt provhus samt på en befintlig vägg i Ellos lagerbyggnad i Viared i Borås få fram hur mycket värmeflödet minskar i en vägg av lättbetong och hur inverkan blir på energiförbrukningen i en byggnad i samma material, samt att göra vissa jämförande teoretiska beräkningar.

1.3 Genomförande och begränsningar .

En stor mängd data har samlats in från provhuset. Till detta har den mätutrustning använts som monterades in då provhuset byggdes. Mätningarna har även kompletterats med värmeflödesmätare och fuktmätare. Dessa mätvärden har sedan använts för att få fram ett stort antal tabeller, kurvor och diagram. Borrkärnor har tagits ur väggarna för att fastställa fukthalter mm.

Ellos lagerbyggnad på Viareds industriområde i Borås har en sektion på en yttervägg som impregnerats. Denna vägg har också mätts med värmeflödesmätare för att se effekten på en äldre vägg av lättbetong i en industrifastighet i bruk. De resultat som erhållits gäller enbart för lättbetong. Syftet med denna undersökning har enbart varit att undersöka energiflödet och inga andra egenskaper som följer med impregneringen har undersökts.

2 Provhuset

2.1 LÄGE

Provhuset är beläget mellan Sveriges Provnings- och forskningsinstitut och riksväg 40 strax utanför Borås.

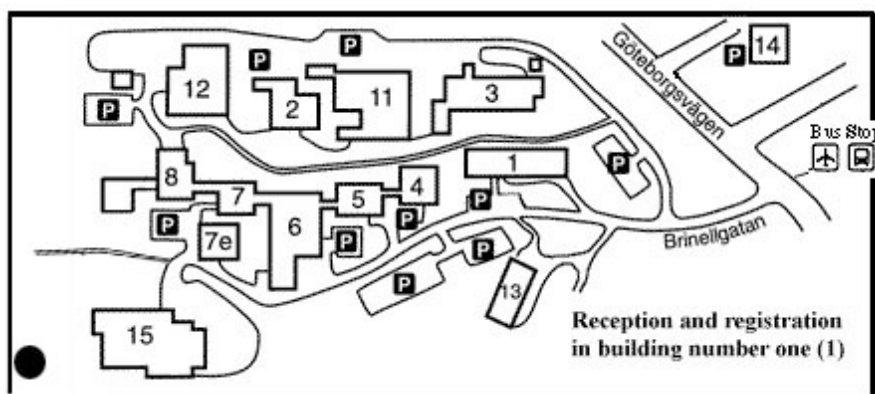


Bild 1. Karta över SP's område. Provhuset är beläget vid den svarta punkten i nedre vänstra hörnet.

2.2 Byggnaden

Husets väggar är byggda av 200 mm tjocka lättbetongblock sk tunnfogsblock i kvalitetsgrupp 450, som vilar på en platta på mark. Taket består av takelement i lättbetong med tätskikt av papp. Väggarna är putsade på både in- och utsidan och de väggar som är provväggar är tapetserade på insidan

Byggnaden uppfördes 1996 och då gjordes ett examensarbete (Vattenavvisande Fasadimpregnering nr 3/1996) som innebar att mätutrustning byggdes in i väggarna och huset iordningställdes för mätningar. Elradiatorerna som värmer byggnaden har sedan monterats på östra väggens insida (Ritningar se bil 1, 2 och 3).



Bild 2. Provhuset sett från nordväst.

2.3 Impregneringen

För att simulera åldrande av huset sprutades de två väggar som var avsedda för mätning först med syra. En tid senare impregnerades huset. Detta gjordes på våren 98. Impregneringen gjordes på halva södra väggen och på halva västra väggen.



Bild 3. De impregnerade delarna av provhuset är på bilden markerade med mörkare färg. I verkligheten syns ingen skillnad på ytorna.

3 Mätningarna.

3.1 Insamling

För beskrivning av mätmetoder, programvara mm hänvisas till tidigare genomfört examensarbete nr 3 1996 Vattenvvisande Impregnering.(se bilaga 3 och 4)

De mätvärden som använts till utvärderingen är insamlade under tiden 3 mars till 19 april 1999, eftersom detta är den period då utrustningen och byggnaden fungerat bäst samtidigt som klimatet varit lämpligast för mätningarna.

De 2 datorer som använts för att samla mätvärden har haft SP's program DT-100 installerat och mätvärden har sparats var 20:e minut dygnet runt. Filerna med mätvärden har sedan hämtats ur maskinerna 1 till 2 gånger per vecka. Dessa har sedan sparats i excelformat.

Exempel från en sparad fil.

Burk 5/Dat	Tid	Mätpkt 1	Mätpkt 2	Mätpkt 3	Mätpkt 4	Mätpkt 5	Mätpkt 6	Mätpkt 7
99-03-03	09:19:00	19,08	17,03	13,39	9,55	5,48	2,00	-0,07
99-03-03	09:39:00	19,14	16,94	13,32	9,53	5,52	2,11	0,10
99-03-03	09:59:00	19,25	16,91	13,24	9,50	5,56	2,35	0,40
99-03-03	10:19:00	19,35	16,92	13,21	9,48	5,64	2,74	0,87
99-03-03	10:39:00	19,43	16,96	13,18	9,49	5,77	3,29	1,50
99-03-03	10:59:00	19,45	16,98	13,18	9,51	5,95	3,80	1,62
99-03-03	11:19:00	19,45	16,99	13,18	9,54	6,17	4,11	2,07
99-03-03	11:39:00	19,48	17,00	13,19	9,62	6,39	4,56	2,17
99-03-03	11:59:00	19,51	17,01	13,22	9,70	6,61	4,52	2,17
99-03-03	12:19:00	19,52	17,03	13,25	9,81	6,75	4,50	2,42
99-03-03	12:39:00	19,53	17,05	13,31	9,91	6,86	4,52	2,44
99-03-03	12:59:00	19,52	17,07	13,36	9,99	6,93	4,52	2,49
99-03-03	13:19:00	19,51	17,09	13,41	10,07	7,01	4,60	2,60
99-03-03	13:39:00	19,53	17,12	13,47	10,15	7,09	4,69	2,65
99-03-03	13:59:00	19,54	17,14	13,51	10,21	7,15	4,73	2,77
99-03-03	14:19:00	19,55	17,18	13,56	10,28	7,23	4,95	3,05
99-03-03	14:39:00	19,56	17,21	13,61	10,35	7,34	5,02	2,85

Tabell 1

Tabellen visar förutom datum och tid temperaturerna i mätpunkterna från yttemperaturen på insidan sedan temperaturen inne i väggen med 3,5 cm mellanrum och sista kolumnen visar temperaturen strax utanför väggen.

3.2 Mätutrustning och placering.

Temperaturmätare inomhus och utomhus.

- PT- 100 givare (resistiv mätare som mäter resistans över en platinatråd) mitt i huset 0,4 m över golv
- PT- 100 givare utomhus mot norr ca 2 m över marknivå.

Temperaturmätare på och inne i väggarna.

- 56 st termoelement (emk mäts mellan koppar och konstantan och översätts till temperatur) på 8 platser i husets väggar med vardera 7 st temperaturmätare. Med hjälp av dessa kan man avläsa temperaturen på insidans yta, på 5 olika djup i väggen samt strax utanför väggen.(Se bilaga 3 och 4).

Fuktmätare

- 2st Vaisala (kapacitiva elektriska givare) mitt i huset samt utomhus strax utanför väggen mot norr.
- 6 st mätkroppar Moisture sensor 10213 från Sahléns fuktkontroll (resistiv mätning) insatta på 3 olika djup i oimpregnerad respektive impregnerad del, placerade enligt bild 4 nedan. Dessa avläses med ett separat handhållet instrument (Accura) vilket tillhandahållits av Arne Svärd.

Värmeflödesdensitetsmätare (kallas fortsättningsvis värmeflödesmätare)

2 st. Flödesdensitetsmätare (hjälpväggstyp som består av en tunn plastskiva över vilken man mäter temperaturen som översätts till värmeflöde) på södra väggen 1.6 m över golv mitt i oimpregnerad respektive impregnerad del.

Ej impregnerad del.

Impregnerad del.

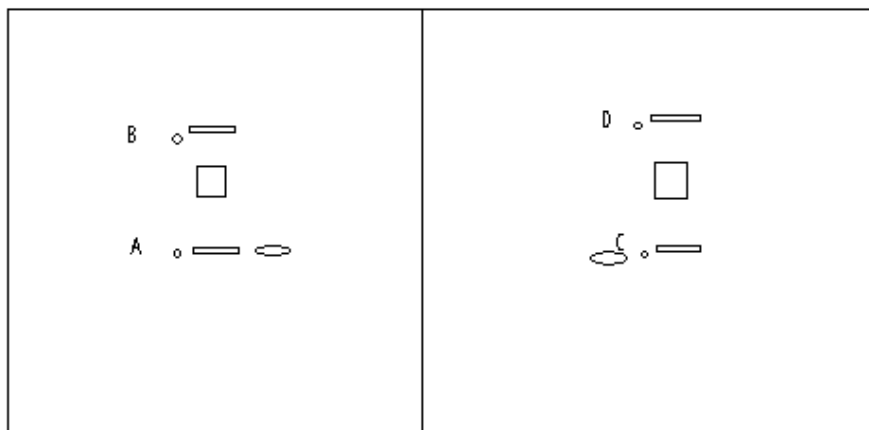


Bild 4. Skissen över södra väggens sensorer:
Temperaturmätarpunkter ——— . Värmeflödesmätare □
Utanga bomhållare ○ Fuktmätare ◌

3.3 Kalibrering

De givare som är inbyggda i väggen kalibrerades då huset uppfördes.

Kalibreringsdiagram för fuktgivare se bilaga 5 och 6.

Resultat från kalibrering av värmeflödesmätare se bilaga 7.

Kalibrering av tillgängliga termoelement har gjorts med isvatten och avvikelsen har varit max 0,4 °C.

4. Värmeflöde.

4.1 Värmeflödesmätare.

Värmeflödesmätarna kalibrerades och sattes upp i slutet av januari 99. Efter att ha uppnått det inneklimat som behövdes har mätningarna gjorts under tiden 3 mars – 19 april 1999. Uppmätta värden har justerats med hänsyn till kalibreringen, och medelvärden har räknats fram. Se tabell 2 nedan. Till diagram och tabeller har löpande värden använts.

4.2 Mätresultat.

Tabell och diagram nedan visar medelvärde, lägsta och högsta värde som uppmätts under perioden.

Tydligt är att den impregnerade väggen har ett betydligt lägre värmeflöde än den oimpregnerade. Värmeflödet för mätperioden är 36 % högre för den oimpregnerade delen.

	Medelflöde	Högsta flöde	Lägsta flöde
Oimpregnerat	14,71	19,82	4,29
Impregnerat	10,79	16,12	1,74

Tabell 2. Uppmätta flöden. Som jämförelse kan nämnas att flödet för väggen uträknat med lättbetonghandbokens värde för praktiskt tillämpligt $\lambda = 0,16$ blir 13,59.

Värmeflöde 3/3 - 19/4 99

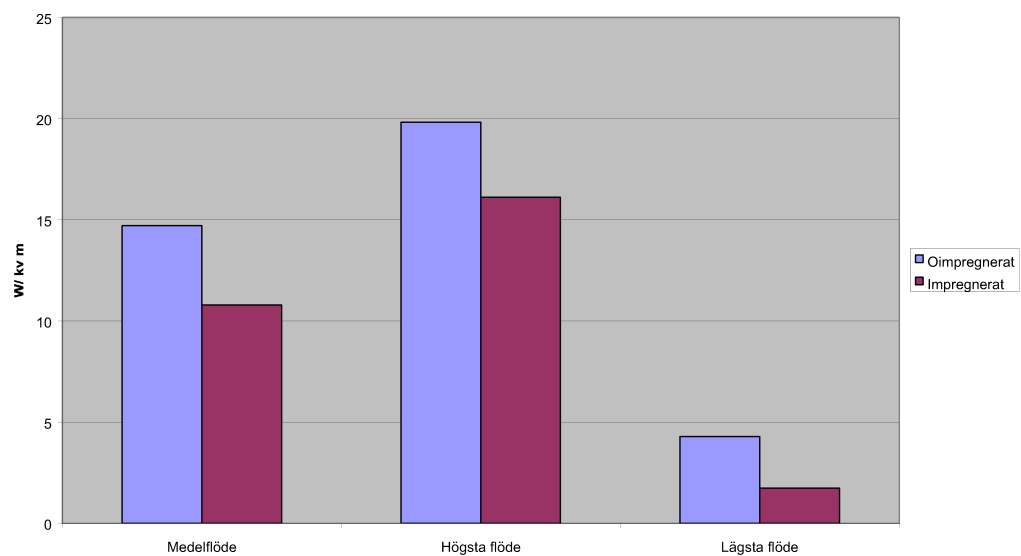


Diagram 4.1 Värmeflöden under mätperioden.

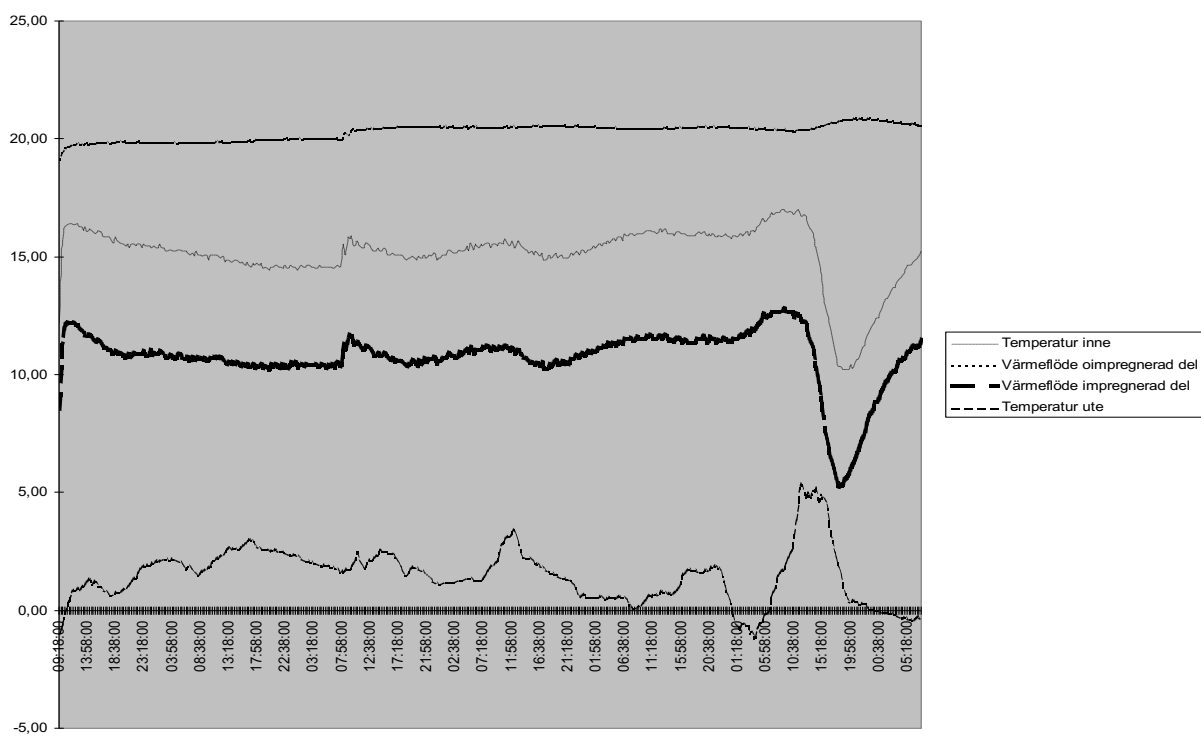


Diagram 4.2 Värmeflöden samt ute- och innetemperatur under några dagar under den aktuella mätperioden.

Skillnaden mellan högsta och lägsta värmefflöde skiljer sig också åt. Den impregnerade väggen visar inte lika stor skillnad mellan det högsta och lägsta värdet som den oimpregnerade.

	Högsta flöde	Lägsta flöde	Skillnad
Oimpregnerat	19,82	4,29	15,53
Impregnerat	16,12	1,74	14,38

Tabell 3. Högsta respektive lägsta uppmätta värmefflöde under perioden, samt skillnaden mellan dessa.

Detta pekar mot att skillnaden i värmefflöde mellan impregnerat och oimpregnerat blir större ju kallare det är utomhus. Värdena från mätningarna visar att så är fallet under den aktuella mätperioden.

5. Laboration och utvärderingar

5.1 Borrprover

I provhuset togs 4 st borrkärnor ut den 23 / 4 1999 märkta A, B, C och D (se bild 4 sid. 9). Nederbörd och vindstyrka för tiden 14 dagar före mätperioden finns i tabell 4 på nästa sida. Var och en av dessa borrkärnor delades i 6 delar som motsvarar avståndet mellan temperaturmätningarna. Dessa packades omedelbart in i plast för att förhindra torkning före vägning. Därefter transporterades proverna till högskolans bygglaboratorium för att vägas och torkas så att fukttinnehållet skulle kunna bestämmas. Proverna togs ut på den södra väggen nära temperaturmätningarna för att kunna få en så rättvis utvärdering som möjligt. Torkningen pågick i 4 dygn i 105 °C, då viktminskningen upphört.

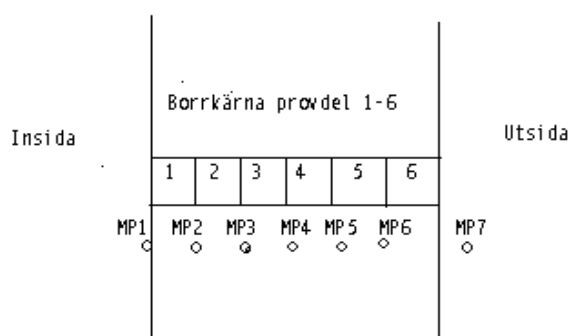


Bild 5. Genomsnitt av väggen som visar temperaturmätningarna och borrkärnorna. MP = mätning

Datum	Nederbörd (mm)
1999-04-09	0
1999-04-10	2,2
1999-04-11	6,8
1999-04-12	6
1999-04-13	15,8
1999-04-14	2,2
1999-04-15	8,2
1999-04-16	11,4
1999-04-17	0,8
1999-04-18	12,8
1999-04-19	26
1999-04-20	0
1999-04-21	0
1999-04-22	1,6
Summa	93,8

Tabell 4. Nederbörd under 14 dagar före uttagning av borrprover. Högsta vindhastighet under tiden var 2.5 m / s. Värdena kommer från SP:s väderstation som ligger alldeles intill provhuset.

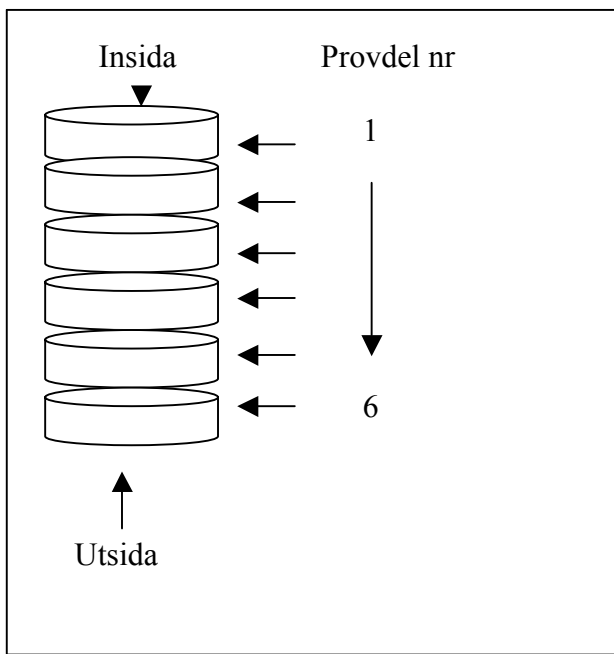


Bild 6. Borrprovernas utseende.

5.2 Bestämning av skrymdensitet.

Provbit B5 valdes ut och vägdes efter torkning.

Vikt: 45.5 g

Därefter plastades provbiten in för att ej suga vatten och sänktes ned i ett mätglas för att fastställa volymen.

Vattenmängden före nedsänkning: 200ml

Efter nedsänkning :303 ml

Volym lättbetong $303 - 200 = 103 \text{ cm}^3$

Skrymdensiteten $\rho_{\text{skrym}} = 0,0455 / 0,103 = 441 \text{ kg} / \text{m}^3$

Resultatet stämmer ganska väl med kvalitetsgrupp 450 som har leveransdensiteten 450 kg/m^3 .

5.3 Resultat av mätningar i högskolans laboratorium

Prov nr	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Summa A1- A6
Vikt före torkning (g)	40,0	54,0	49,0	51,5	54,0	50,5	299,0
Vikt efter torkning (g)	38,0	49,5	42,0	44,5	46,5	46,5	267,0
Vatteninnehåll (g)	2,0	4,5	7,0	7,0	7,5	4,0	32,0
Fuktkvot %	5,3	9,1	16,7	15,7	16,1	8,6	12,0

Prov nr	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Summa B1- B6
Vikt före torkning (g)	51,5	45,0	44,0	61,0	54,5	50,0	306,0
Vikt efter torkning (g)	49,5	41,5	39,0	51,0	45,5	45,5	272,0
Vatteninnehåll (g)	2,0	3,5	5,0	10,0	9,0	4,5	34,0
Fuktkvot %	4,0	8,4	12,8	19,6	19,8	9,9	12,5

Prov nr	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Summa C1- C6
Vikt före torkning (g)	44,0	48,5	45,5	52,5	44,0	44,0	278,5
Vikt efter torkning (g)	42,5	46,5	43,5	50,0	42,0	42,0	266,5
Vatteninnehåll (g)	1,5	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0	12,0
Fuktkvot %	3,5	4,3	4,6	5,0	4,8	4,8	4,5

Prov nr	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Summa D1- D6
Vikt före torkning (g)	33,0	32,0	37,5	46,5	45,5	47,5	242,0
Vikt efter torkning (g)	31,5	30,5	36,0	44,5	43,5	46,0	232,0
Vatteninnehåll (g)	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	1,5	10,0
Fuktkvot %	4,8	4,9	4,2	4,5	4,6	3,3	4,3

Tabell 5. Resultat från mätningar i Högskolans laboratorium.

FUKTKVOT

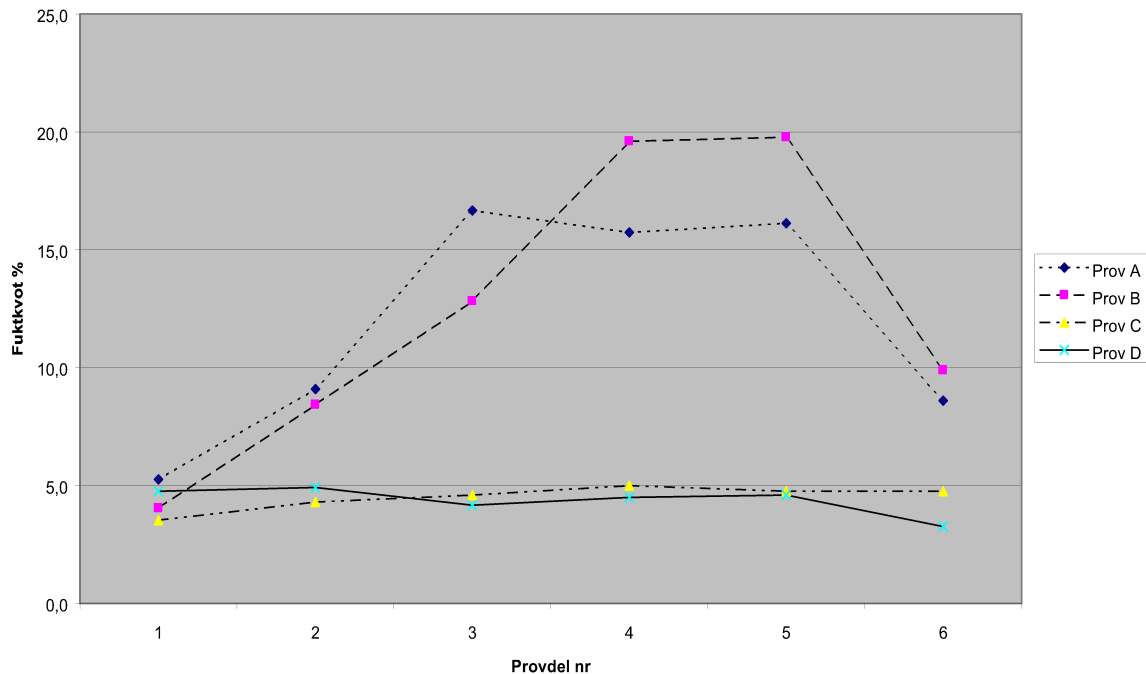


Diagram 5.1 Fuktkvot genom väggen beräknat från provbitarna.

5.4 Fukthalt

Med hjälp av den tidigare beräknade fuktkvoten i provbitarna har fukthalten beräknats. Tydligt är att prov C och D från den impregnerade delen är mycket torrare än A och B som är tagna från den oimpregnerade väggen. Genom att kappillärsugning från nederbörd inte sker i den impregnerade delen så förblir den torr när byggfukten torkat ut. Fukthalten i respektive provdel beräknad med hjälp av formeln $w = \rho \cdot u$ där

w = fukthalten
 ρ = densiteten
 u = fuktkvoten

		Del 1	Del 2	Del 3	Del 4	Del 5	Del 6
Prov A	Fukthalt	23,2	40,2	73,6	69,5	71,2	38,0
Prov B	Fukthalt	17,8	37,3	56,6	86,6	87,4	43,7
Prov C	Fukthalt	15,6	19,0	20,3	22,1	21,0	21,0
Prov D	Fukthalt	21,0	21,7	18,4	19,9	20,3	14,4

Tabell 6. Fukthalten i de uttagna proverna. Värden i kg / m^3 .

Fukthaltkurva genom 200 mm lättbetong

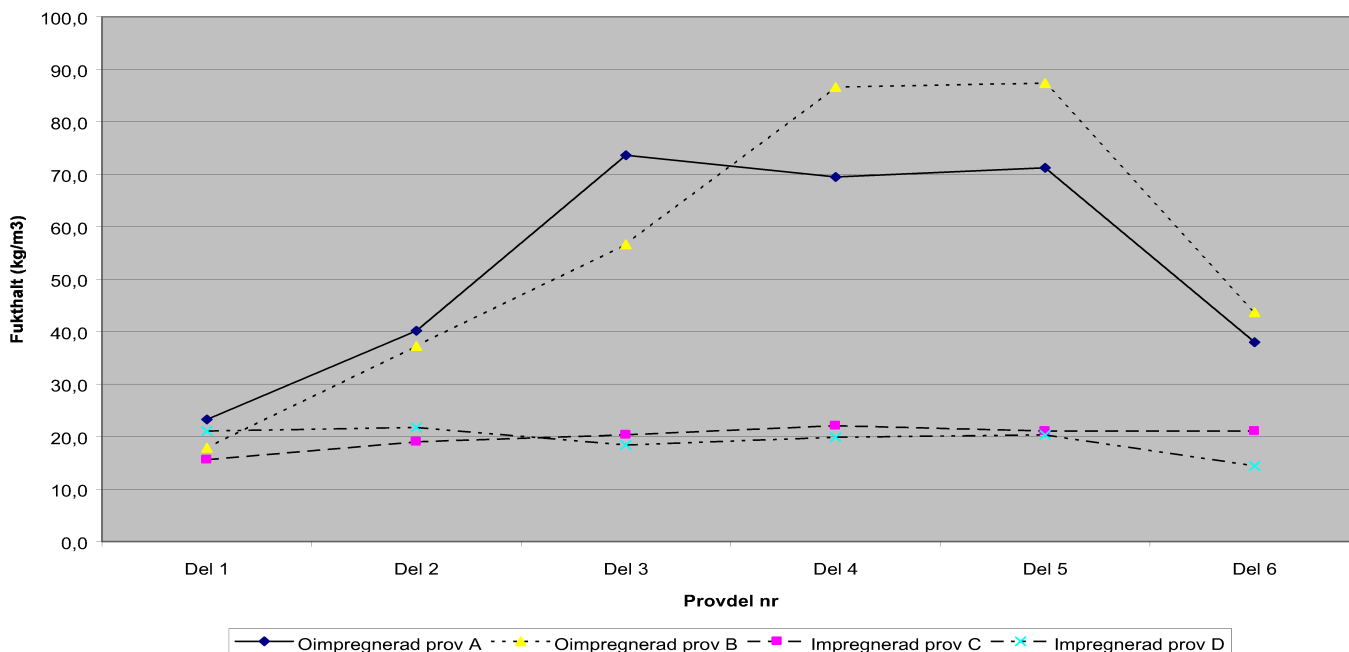


Diagram 5.2 Fukthalt

5.5 Värmekonduktiviteten λ .

5.5.1 Värden från Lättbetonghandboken.

Praktisk tillämpbar värmeledningsförmåga λ_p för tunnfofsblock i W/m°K

Kvalitetsgrupp	400	500
Över mark	0,12	0,16

Värmeledningstal (Värmekonduktivitet)

Värmeledningsförmågan λ för uttorkad lättbetong är

Kvalitetsgrupp*	Värmeledningsförmåga W/m°K
400	0,087
450	0,107
500	0,122
600	0,151

*Beteckningarna för kvalitetsgrupperna anger respektive materials ungefärliga densitet i kg/m³ i torrt tillstånd. För kvalitetsgrupperingen ställs i övrigt inga fordringar på volymvikten.

5.5.2 Uppmätta λ - värden.

Värmekonduktiviteten λ har beräknats för snitt genom väggen med utgångspunkt från uppmätt värmefflöde och temperaturskillnaden ute och inne. Värden på λ har även beräknats för respektive provbit (se kap. 5.5.5). De värden som använts är medelvärden från mätperioden över 47 dagar.

Formeln som använts är $\lambda = q * d / (T1 - T2)$

Där q = värmeflödesdensitet (uppmätta värden från provhuset)

$T1 - T2$ = temperaturskillnaden (uppmätta värden från provhuset)

d = tjocklek på väggen eller provbiten

Vid beräkningen har tjockleken på väggen (d) mätts med respektive utan puts.

	inkl puts	exkl puts
λ oimp	0,173	0,164
λ imp	0,125	0,116

Tabell 7. Uppmätta λ - värden.

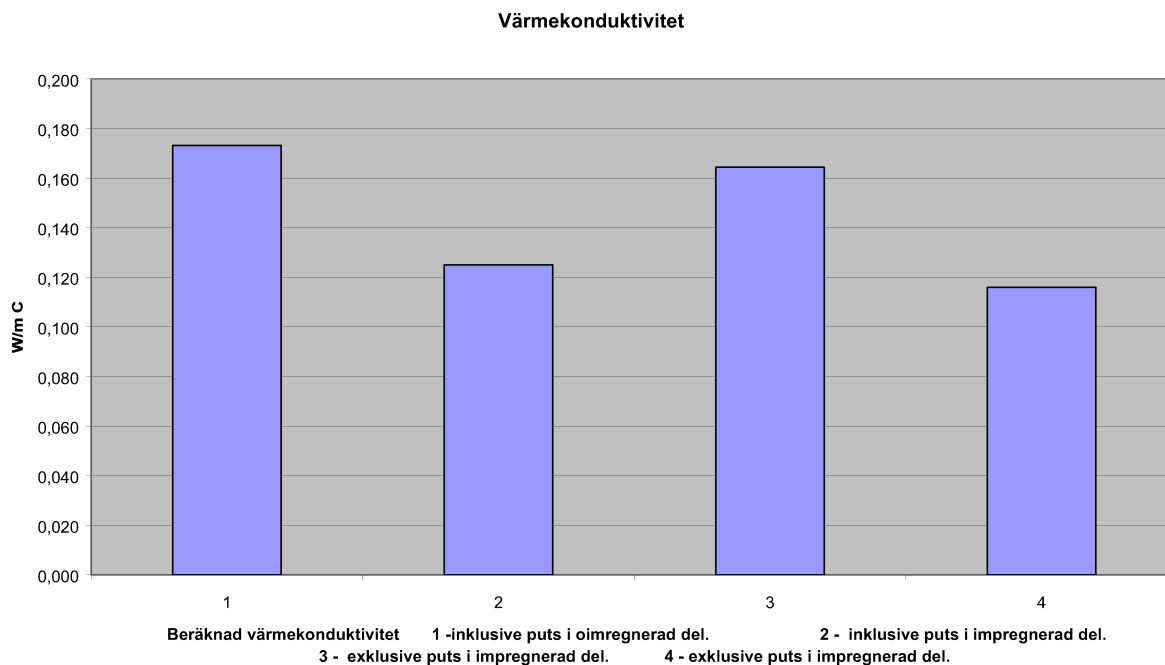


Diagram 5.3 Värmekonduktivitet

5.5.3 Relativ fuktighet -vatteninnehåll

Med hjälp av RF – mätare ute och inne som kopplats till en av mätatorerna och mät-kroppar som borrats in i väggen på olika djup har den relativa fuktigheten bestämts. 3 mätkroppar sattes in på 3 olika djup i 6, 11 och 16 cm djupa hål dels i den impregne-rade delen och dels i den oimpregnerade. Vid mätning visade det sig att den impregne-rade delen var så torr att mätinstrumentet inte kunde ge några värden (enligt Nicklas Sahlén på Sahléns fuktkontroll kan detta instrument inte mäta mindre än 63 % RF). Därför har RF angetts till < 63% i tabellen för mätvärden.

Relativ fuktighet -fukthalt							
	inne	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	ute
temp imp	20,96	19,02	15,97	12,70	9,62	6,73	2,83
temp oimp	20,24	17,66	13,84	11,40	8,87	5,85	2,40
RF imp	42,10		< 63	< 63	< 63		84,86
Fukthalt impregnerat	15,59	19,00	20,31	22,09	21,04	21,04	19,89
RF oimp	42,10		70,00	88,00	90,00		84,86
Fukthalt oimpregnerat	23,25	40,16	73,62	69,49	71,25	38,00	52,94

Tabell 8. Temperatur , relativ fuktighet och fukthalt

Med utgångspunkt från tabell 8 sid 18 har värdena för RF och fukthalt lagts in i följande tabell.

Första kolumnen ”relativ fuktighet” anger de uppmätta värdena från provhuset.

Andra kolumnen ”förväntad fukthalt” anger de värden som utlästs ur sorptionskurvan för lättbetong kvalitetsgrupp 500 (En kurva för kvalitetsgrupp 450, som huset är byggt av, har jag ej hittat i litteraturen. Skillnaden är dock marginell).

Tredje kolumnen ”resultat från provhuset” visar de resultat som uppmätts med Sahléns instrument.

Detta visar att impregnerad lättbetong har ett lågt RF- värde och ett lågt vatteninnehåll , medan oimpregnerad har ett vatteninnehåll som avviker från det förväntade mitt inne i väggen där 70 % RF uppmätts. Detta beror på att regn på väggen suger in kapillärt så att uttorkning aldrig kommer till stånd mitt inne i väggen. Lättbetong behöver flera månader för att torka ut, så följaktligen hinner väggen aldrig torka ut mellan regndagarna och provet ligger därför högt med avseende på vatteninnehåll. (kg/ m³)

Relativ fuktighet (%)	Förväntad fukthalt) . (kg/ m ³)	Resultat från provhuset . (kg/ m ³)	
<63	<25	21	impregnerad vägg
70	16 - 30	73	oimpregnerad vägg
88	22 - 73	69	oimpregnerad vägg
90	23 - 75	71	oimpregnerad vägg

Tabell 9. Uppmätt relativ fuktighet och förväntad respektive laboratoriemätta värden. Värdet 70 % är förmodligen fel från instrumentet, det borde vara ca 90%.

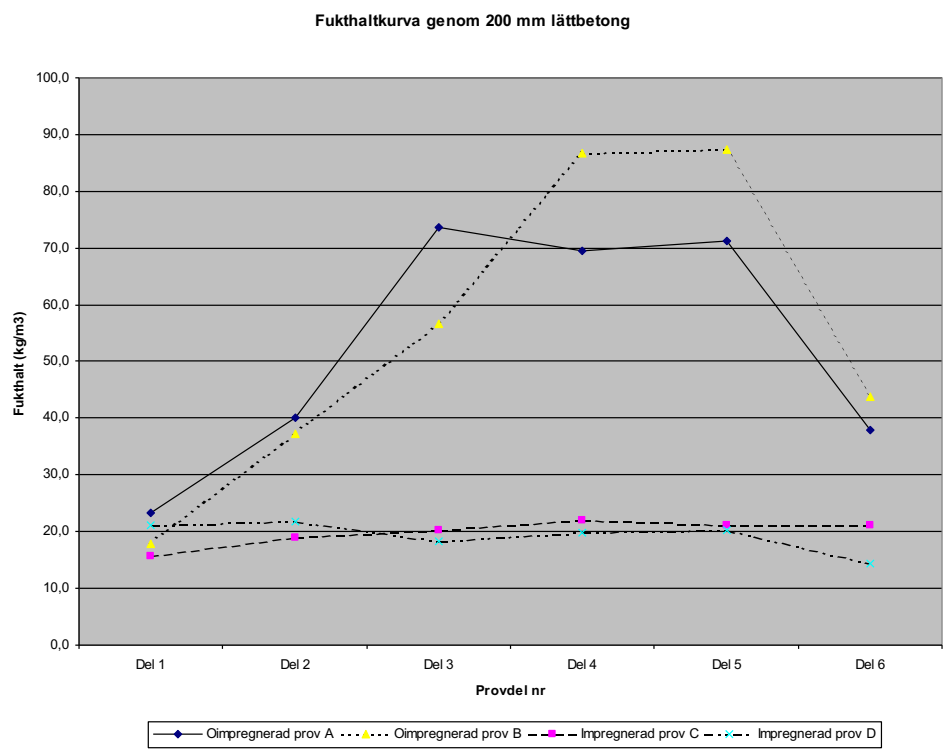


Diagram 5.4 Fukthalten i de olika borrproverna uppmätt i Högskolans laboratorium.

För att visa hur den relativa fuktigheten varierat ute och inne har mätvärdena från provperioden lagts in i nedanstående diagram.

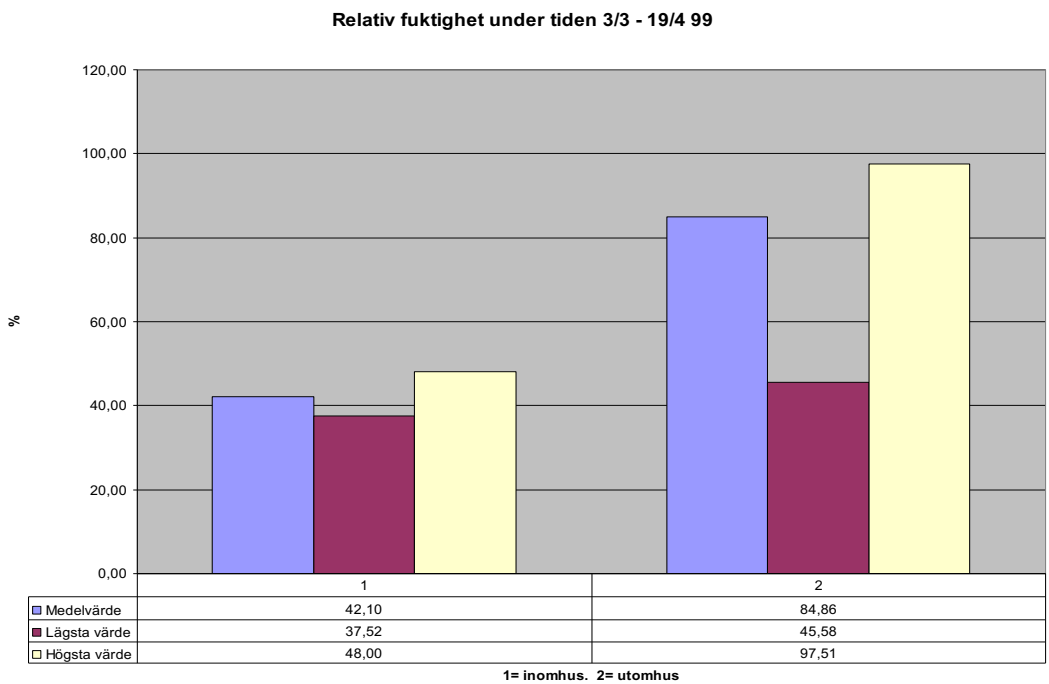


Diagram 5.5 Relativ fuktighet.

Som exempel på relativa fuktighetens variation över tiden visar följande diagram 5 dagar i mars.

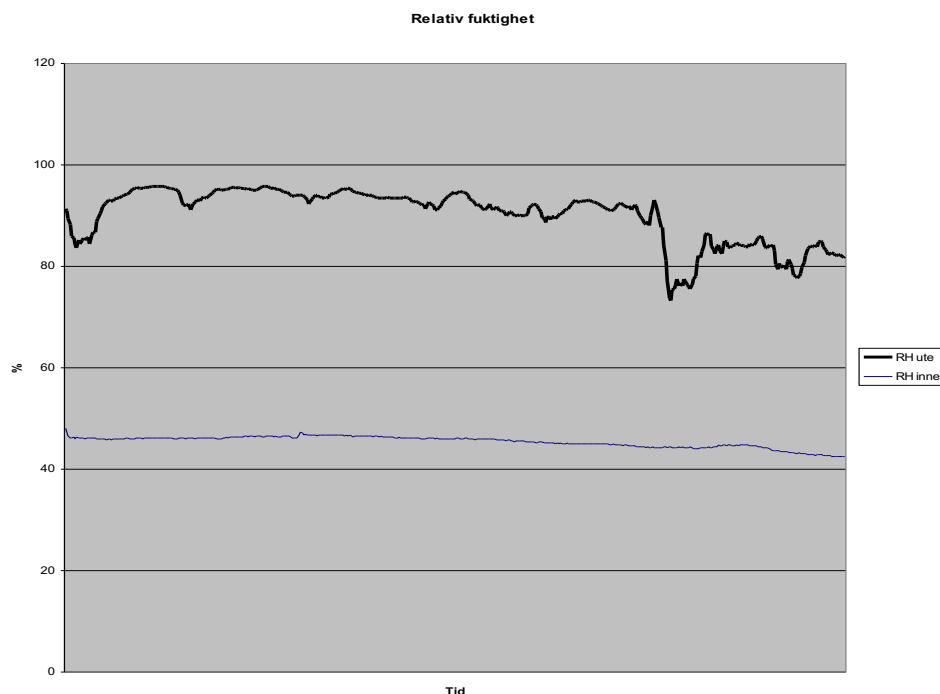


Diagram 5.6 Relativa fuktigheten ute respektive inne under 5 dagar i mars. 3/3 – 7/3 99

5.5.4 Luftens vatteninnehåll – ånghalt.

Med hjälp av formeln $\nu = 1,32/T*(1+0,02(T - 273))^4$ (kg/m³)

där T = temperaturen i K

har ånghalten i luften beräknats och lagts in i diagrammet på nästa sida. Här kan man se att ånghalten är högre inne än ute trots att ingen fuktbelastning från människor eller verksamhet förekommer. Detta beror sannolikt på byggfukt, eftersom huset stått ouppvärt sedan det uppfördes fram till några månader före mätningarna startade, samt eventuell markfukt som tränger upp genom plattan. Vid de första provmätningarna i Januari var ånghalten inne 8,2 g/m³ och ute 5,4 g/m³, och i slutet av mätperioden var motsvarande värden 7,5 g/m³ respektive 4,6 g/m³. Detta visar att fuktproduktionen inne i provhuset varit relativt konstant under mätperioden.

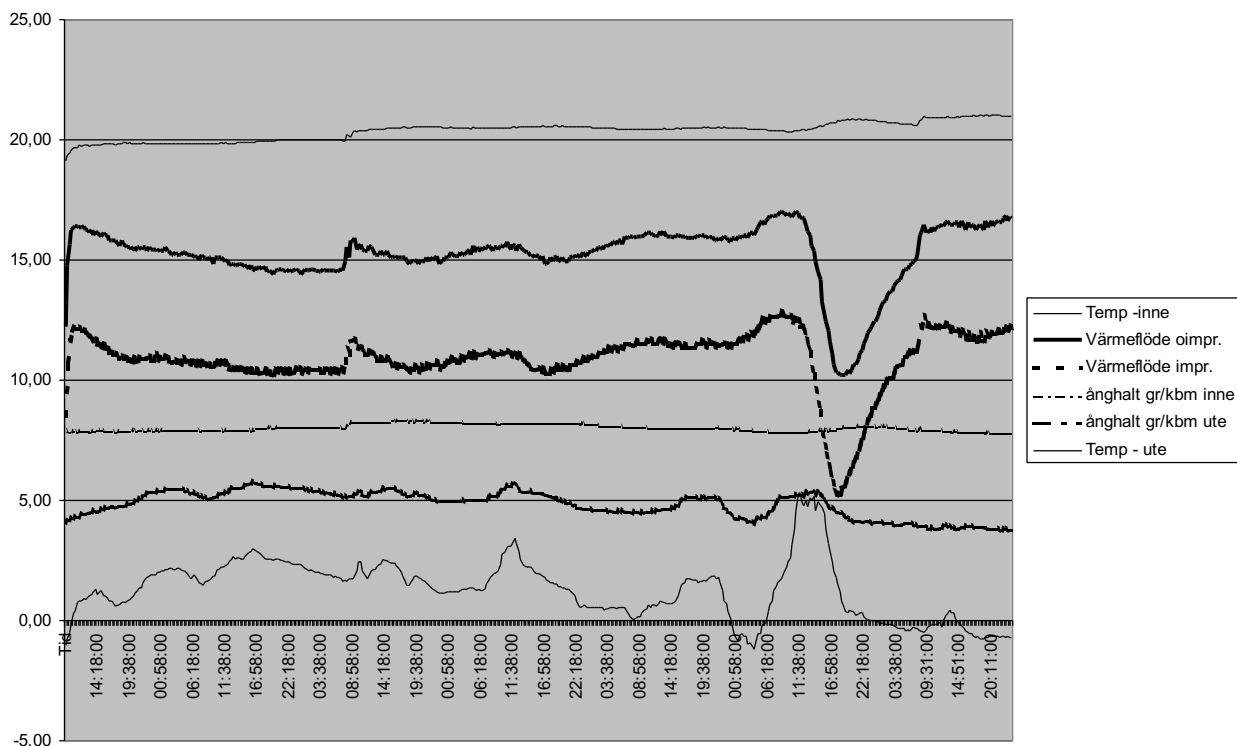


Diagram 5.7 Temperatur, värmeflödesdensitet, samt ånghalt under perioden 3/3 – 7/3 1999

5.5.5 λ -värdets fuktberoende.

λ -värdet beror av fukttinnehållet i materialet på så sätt att ju torrare materialet är desto bättre blir λ -värdet.

För att visa vilken betydelse impregneringen har för λ -värdet har dess fuktberoende beräknats och jämförts med värden ur Kenneth Sandins kompendium Värme, Luftströmning, Fukt.

Beräkningen har gjorts med hjälp av uppmätt värmeflöde och temperaturskillnad över provbitarna som tagits ur byggnaden. Detta har gjort att man fått 6 olika λ -värden på olika djup i väggen, och dessa har varierat med fuktkvoten. Temperaturerna och flöde är medelvärden från provperioden, medan de beräknade λ -värdena är momentanvärden som gällde vid just det tillfälle då proverna togs ur väggen. Tabell 8 på nästa sida visar λ -värdet på olika djup i väggen.

	Oimpegnerat	Impregnerat
Provdel 1	0,19	0,19
Provdel 2	0,13	0,12
Provdel 3	0,20	0,11
Provdel 4	0,20	0,12
Provdel 5	0,17	0,13
Provdel 6	0,14	0,09
Medel	0,17	0,13

Tabell 10. λ -värdet i de olika provbitarna.

Diagrammet nedan visar att den impregnerade väggens λ -värden ligger lägre än den obehandlade väggen. Som jämförelse har kurvan för kvalitetsgrupp 450 lagts in. Det visar tydligt att den torra impregnerade väggen får ett bättre λ -värde än den oimpregrerade. De vänstra markeringarna visar värdena för de impregnerade provbitarna medan de mellersta och de övre högra visar de oimpregrerade provbitarnas mätvärden.

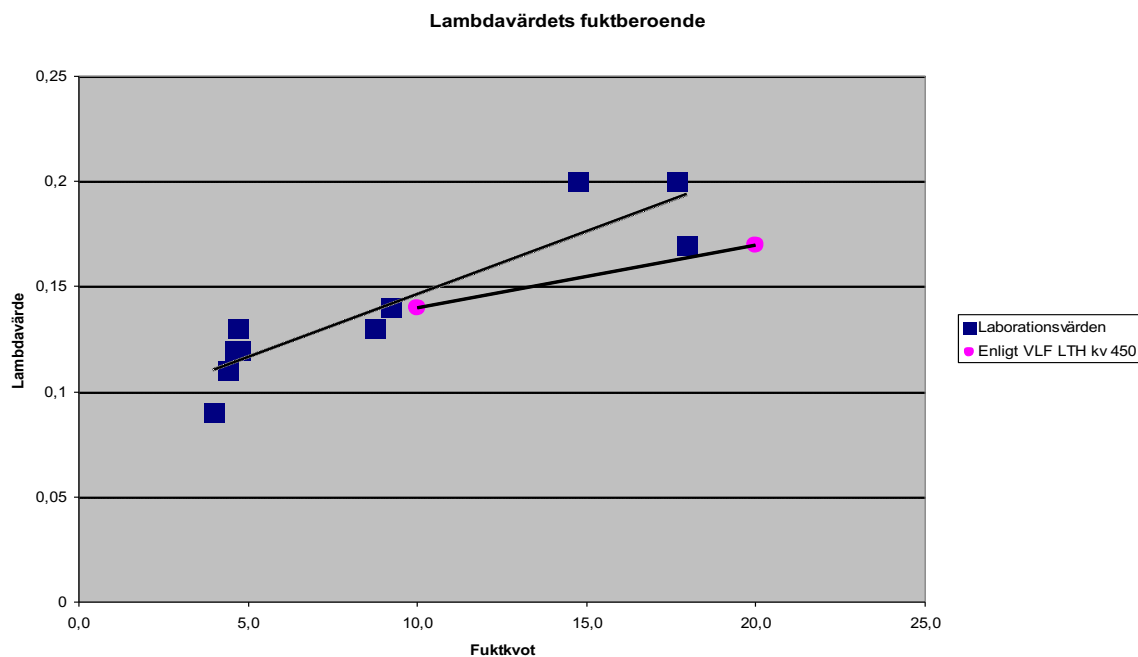


Diagram 5.8 λ -värdets fuktberoende.

5.5.6. Kapillärsugning.

En enkel jämförelse mellan en impregnerad och en oimpregnerad borrkärna har utförts på följande sätt.

En borrkärna från vardera delen av väggen borrades ut från utsidan och torkades med de övriga proverna. Dessa monterades upp bredvid varandra hängande med den yttre put-sen i vattenytan på ett kärl med färgat vatten (röd karamellfärg användes). Efter 2 dygn jämfördes proverna. Resultaten redovisas i tabell 9 nedan.

	Impregnerat prov	Oimpregnerat prov	
Torr vikt	114,5 g	122,0 g	
Vikt efter 2 dygn	114,5 g	168,0 g	
Kapillärsuget vatten	0 g	46 g	
Vattnets stighöjd i provet	0 cm	ca 2,5 cm	

Tabell 11. Kapillärsugning

Detta försök visar att det inte sker någon kapillärsugning i den impregnerade väggen. Någon beräkning av kapillaritetskonstanten har ej utförts eftersom detta gjorts i flera tidigare examensarbeten.

6. Beräkning för en lagerbyggnad

För att kunna se hur mycket man kan minska energibehovet i en hel byggnad som är uppförd i lättbetong följer här ett exempel på en lagerbyggnad i lättbetong med platta på mark av betong. Byggnaden har måtten 50 x 100 m och väggarna har avrundade λ -värden 0,17 och 0,12 som erhållits i provhuset och gäller för den aktuella mätperioden (kap.5.5.2). Vilka material som valts till exemplet framgår av bilaga 8- 15. Byggnaden har förutsatts ha så liten fönsteryta att ingen hänsyn tagits till detta.

Beräkningarna har gjorts i Gullfibers program GF- norm och resultatet blev att byggnaden får ett U_m - värde på 0,233 W/m²C om väggarna är oimpregnerade och 0,220W/m²C om väggarna är impregnerade. Energiförbrukningen minskar alltså i detta fallet med ca 6%. Se bil. 8 och 9.

Storleken på besparingen varierar med en byggnads form och utformning samt väggarnas tjocklek, så varje objekt måste beräknas var för sig. Helt klart är dock att man får en betydande besparing av energi.

7. Mätningar på Ellos lagerbyggnad.

Vid Ellos AB på Viareds industriområde i Borås har en sektion av en höglagervägg impregnerats (ritning se bilaga 16). Den aktuella sektionen är 6 m bred och 14 m hög och består av liggande lättbetongblock. Väggen målningsbehandlades med en diffusionsöppen färg när byggnaden uppfördes 1986. Vissa skador i form av sprickor, avflagnande färg och ytskikt i lättbetongens ytskikt förekommer, förmodligen pga. frostsprängning till följd av fukt i väggen.

Under de fuktiga perioderna på året kan man se att den impregnerade sektionen inte mörknar som de omgivande sektionerna.

Impregneringen gjordes utanpå färgen så därför har små provbitar tagits ur väggen för att kontrollera inträngningsdjupet. Det visade sig att impregneringen trängt igenom färgen och nått ungefär samma djup som i en provbit som tagits från ett skadat område utan färg.

Mätutrustningen flyttades tillfälligt från provhuset och två värmeflödesmätare sattes upp på insidan mitt på impregnerad respektive oimpregnerad sektion. Tyvärr skedde mätningarna sent på våren så skillnaden mellan ute och innetemperatur blev inte så stor, och solen värmdde väggen en del dagar vilket fick till följd att dessa mätningar inte gav ett så entydigt resultat att en bra bedömning kan göras. Man kan dock tydligt se att värmeflödet är mindre i den impregnerade delen men mätningarna är inte tillräckligt bra för att göra någon bedömning av storleksordningen.

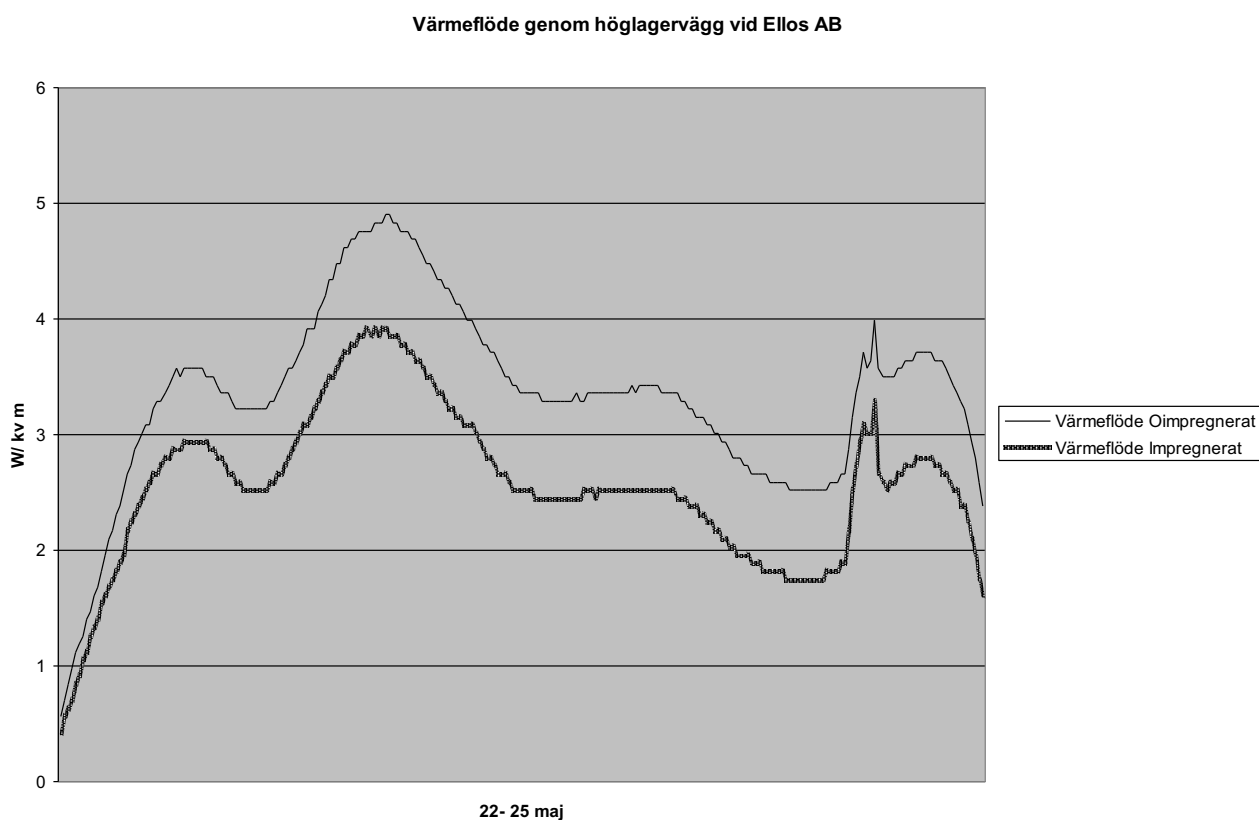


Diagram 7.1 Värmeflöde vid Ellos AB

8. Solinstrålningens påverkan.

Nedanstående diagram visar solinstrålningens inverkan under ett soligt dygn den 14 april mellan kl 12.00 och 24.00. De tunna linjerna visar temperaturens ändring under dygnet och de kraftigare linjerna visar värmeflödesdensiteten i den södra väggen på provhuset. Den understa kurvan visar lufttemperaturen ute. Notera att temperaturen 3,5 cm från utsidan når samma värde som innetemperaturen under en knapp timme mitt på dagen. Tydligt framgår också att värmeflödet påverkas relativt långsamt och det går ett halvt dygn innan det har nått tidigare nivå.

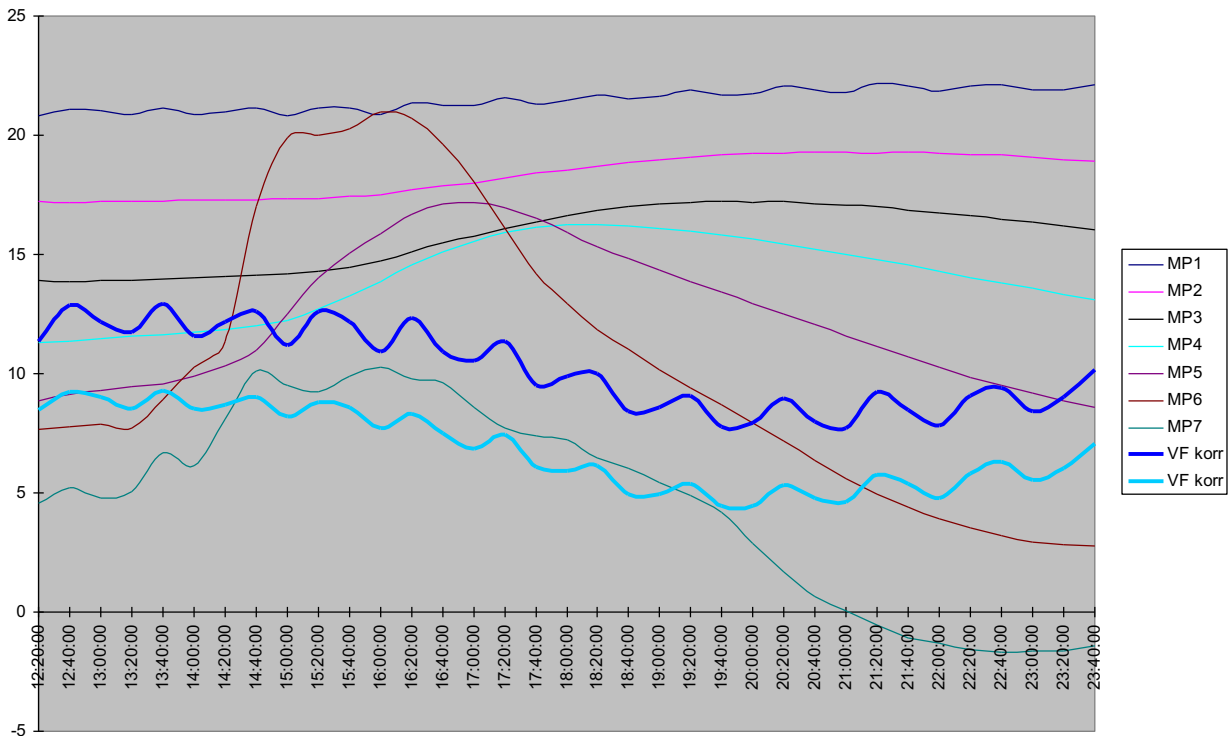


Diagram 8.1 Temperatur och värmeflöde under ett soldygn mellan kl 12.00 – 24.00. (De regelbundna svängningarna på värmeflödeskurvorna är en följd av att termostaterna på elradiatorerna slår till och från med stora intervaller)

9. Problem vid genomförandet.

Byggnaden hade stått ouppvärmad och oventilerad en längre tid med hög luftfuktighet inne. Innan det befintliga mätsystemet kunde tas i bruk erfordrades en ordentlig genomgång och kontroll av mätsystemet.

För att starta upp mätningarna krävdes att den provisoriska byggelektriciteten i huset gjordes om till en permanent installation så att värme kunde installeras. Till att börja med installerades begagnade elradiatorer men dessa fungerade endast en kort tid. Då monterades nya oljefyllda elradiatorer som klarade att hålla värmen men dessa hade termostater vars arbetsområde var brett, vilket har påverkat mätresultaten så att innetemperatur och värmefflöde har varierat enligt en sinusformad kurva.

Ett åskväder på sensommaren 1998 slog ut mätutrustningen så att den måste tas in till SP för att repareras.

10. Diskussion.

Mätningarna har visat att energibesparingen kan bli mycket stor genom att impregnera lättbetongbyggnader. Genom impregneringen förhindras även sönderfrysningar av fasader och andra fuktrelaterade problem som till exempel dålig lukt och mögelskador. Resultatet har visat att verkligheten stämmer ganska väl med teorin och tidigare genomförda examensarbeten och laborationer.

Många praktiska problem under genomförandet till exempel elavbrott, fel på elradiatorer, åsknedslag hårddiskkraschar m.m. gör att det inte finns så mycket mätdata under så lång tid som skulle önskats, för att t.ex. studera skillnader mellan olika årstider

De små skillnader i temperatur som uppkommit på olika mätpunkter på insidan av väggen beror förmodligen på termiska krafter från elradiatorerna.

Från de mätningar som utförts och kan komma att utföras finns mycket att studera exempelvis solinstrålning, slagregnspåverkan mm.

Referenser.

Andersson R. Nilsson J Vattenavvisande impregnering Examensarbete nr 3/1996.

Hedenblad Göran 1996 Materialdata för fukttransportberäkningar, Byggforskningsrådet.

Nevander L E och Elmarsson B 1994 Fukthandbok, AB Svensk Byggtjänst.

Sandin K 1997 Värme Luftströmning Fukt, Lunds Tekniska Högskola.

Sandin K 1994 Vattenavvisande fasadimpregnering, Byggeforskningsrådet.

Ytong Lättbetonghandboken.

