



Tony Björklund, Arkitekt



Utvärdering av en väggkonstruktion utan PE-folie

- Med en undersökning av hårdvaxolja som
diffusions-/konvektionsspärr

Linnéa Nilsson, Sofie Wiström

Examensarbete för byggnadsingenjörsprogrammet 15hp, Högskolan i Gävle, VT 2012

Handledare, Högskolan i Gävle:

Handledare, Ramböll Falun:

Handledare, WSP Stockholm:

Johan Norén & Jan Akander

Lena Hellberg & Anders Hane

Håkan Nilsson

Examinatorer:

Jan Akander & Johan Norén

Abstract

Tony Björklund is an architect from Hudiksvall who contacted the University of Gävle on an idea for a thesis. Tony has designed and built an apartment block in central Hudiksvall where the construction is designed with a particular environmental consideration. The outer wall has no plastic foil as a vapor barrier and is insulated with loose wool in termoträ (cellulose fibers) and Tony came to think that developing moisture profile of the structure could be a good thesis. Tony has treated the interior surface of the external wall with hard wax and the exterior surface with honest falurödfärg (calcimine).

It ended with two students came up with moisture and heat profile and the air density. In order to have time to do proper measurements, the study was limited to investigate the exterior wall. A test wall of Tony's design was built with moisture sensors and thermocouples in selected locations.

It was decided to test the wall with untreated surfaces, with masonite as a vapor barrier and then with hard wax as a vapor barrier. The outdoor temperature was set to 6 ° C. A plastic foil was also used in the test of the construction for benchmarking purposes. The measurements ended with destructive tests which simulated reality, by making gaps between the tongued and grooved boards, nails and screws for the panels and shelves, etc.

The moisture profile in every layer of the wall are assessed from measurements and calculations and plotted in graphs. The analysis shows that the construction is vulnerable in terms of moisture. It does not take a large temperature reduction to create a relative humidity that will reach its critical value, 70% of the organic material wood. The positive aspect of the measurements was to hard wax gave a similar moisture distribution as the plastic foil.

The thermal profile was measured with thermocouples and air tightness was measured for the various construction types. The design with the lowest U-values was when the tongued and grooved boards were treated with hard wax. The U-value of the wall, when a heat flow meter was set where there is a wooden stud, yielded 0.121 W/m²K while the U value where the dominant part is isolation was 0.084 W/m²K as opposed to the calculated value of the existing structure, 0.162 W/m²K.

The air tightness was measured by pressurizing one side of the construction whilst using flow meters and infrared cameras. No leaks were found with the camera and the measurements gave suspiciously low values through the test wall. This resulted in that the sources of possible error were discussed.

Sammanfattning

Arkitekten Tony Björklund från Hudiksvall, kontaktade Högskolan i Gävle angående en idé till ett examensarbete. Ursprunget till förfrågan för examensarbetet är att Tony har ritat och byggt ett bostadshus i centrala Hudiksvall. Ytterväggen har ingen plastfolie och är isolerad med lösull i termoträ och resultatet av en fuktprofil efterfrågades. Arkitekten avser att bygga miljömässigt och behandla insidan av ytterväggen med hårdvaxolja och utsidan av ytterväggen med falurödfärg.

Två studenter tog fram fukt- och värmeprofil samt uppmätte lufttätheten. För att hinna göra ordentliga mätningar avgränsades arbetet till ytterväggen. En provvägg av Tonys konstruktion byggdes där fuktgivare, termoelement och värmeflödesmätare utplacerades på valda ställen.

Det bestämdes att provväggen skulle testas obehandlad, med masonitskiva som diffusionsspärr och sedan med hårdvaxolja som diffusionsspärr. Uteklimatet sattes till 6°C. Det placerades även en plastfolie som diffusionsspärr just för att studenterna skulle få referensvärden att jämföra mot.

Mätningarna avslutades med förstörande prover där verkligheten efterliknades med bland annat springor mellan spanten samt spik och skruv för tavlor och hyllor.

Fuktprofilen innehåller kurvor och analys av relativa fukthalten och beräkningar, kurvor och analys av daggpunkten i varje skikt utav väggen. Den analys som kunde göras utav mätningarna och beräkningarna var att konstruktionen är relativt fuktosäker. Det krävs inte många graders skillnad för att relativa fuktigheten ska uppnå sitt kritiska värde, 70% för det organiska materialet trä. Det positiva med mätningarna var att det genom diagram kunde visas att både hårdvaxoljan och masoniten betedde sig liknande plastfolien ur fuktsynpunkt. Det syntes en tydlig avgränsning mellan givarna mot det kallare klimatet och mot det varma.

Värmeprofilen togs fram med termoelement och lufttätheten mättes vid varje förutsättning. Konstruktionen fick lägst U-värden då råspanten var behandlad med hårdvax och inte vid någon av testerna för en eventuell plastfolies inverkan i konstruktionen. Konstruktionens U-värde (baseras på värmeflödesmätningar), i det nämnda fallet ovan, gav vid regelverkan 0,121 W/m²K medan U-värdet där den dominerande delen är isolering var 0,084 W/m²K, vilket kan jämföras med det beräknade värdet för den befintliga konstruktionen, 0,162 W/m²K. Mätningarna med plastfoliens inverkan ansågs inte pålitliga ur varken värme- eller lufttäthetens synvinkel.

Lufttätheten mättes med flödesmätare och IR-kamera. Inga luftläckage kunde hittas med kameran och mätningarna gav misstänksamt låga värden genom provväggen. Detta resulterade i att värdena klassades som opålitliga och istället fick eventuella felkällor tänkas ut.

Förord

Arkitekten Tony Björklund, har ritat ett bostadshus där konstruktionen innehåller miljövänliga byggnadsmaterial. Detta genomförs då konstruktionen för ytterväggen inte innehåller någon plastfolie och den valda värmeisoleringen termoträ är cellulosabaserad. Detta examensarbete utfördes under den sista perioden i den treåriga byggnadsingenjörsutbildningen på Högskolan i Gävle och det var Tony själv som tipsade om examensarbetet.

Vi har under arbetets gång haft kontinuerlig kontakt med respektive handledare på högskolan och samarbetande företag. Linnéa Nilsson, inriktning fukt, har haft ett mycket uppskattat samarbete med Ramböll Falun samt Sofie Wiström, inriktning värme och lufttäthet, med WSP Group Stockholm. Vi är väldigt nöjda med examensarbetet och möjligheten att få genomföra arbetet både teoretiskt och praktiskt.

Examensarbetet har, som tidigare nämnts, två inriktningar och vi vill tacka alla inblandade. I problemformuleringsfasen har arbetet ändrats otaliga gånger men inställningen från alla inblandade har alltid varit att ingenting är omöjligt. Den positiva inställningen har genomsyrat arbetsprocessen även om vi också haft det faktum att, ett avvikande resultat är också det ett resultat, i bakhuvudet.

Ett extra stort tack vill vi tillägna alla hjälpsamma på högskolans laboratorium. Det är ni som fått processen att rulla på och utan er hjälp och kunskap hade vi inte kunnat genomföra detta examensarbete. Det är också tack vare er vi fått möjligheten att få faktiska värden istället för teoretiska.

”Ingen nämnd ingen glömd...”

Då detta examensarbete skulle kunna täcka ett oändligt stort område har vi sett till att ha en öppen dialog och en stadig litteraturstudie för att få en relevant avgränsning.

Till sist hoppas vi att ni kommer uppskatta att läsa denna rapport lika mycket som vi har uppskattat att genomföra den.

Linnéa Nilsson & Sofie Wiström

April 2012

Gävle

Innehållsförteckning

Innehåll

Abstract	1
Sammanfattning	2
Förord	3
Innehållsförteckning	4
1. Inledning	8
1.1 Bakgrund	8
1.1.1 Tonys konstruktion	8
1.1.2 Diffusions-/konvektionsspärr	9
1.2 Syfte	9
1.3 Metod	9
1.4 Mål	10
1.5 Avgränsning	10
1.6 Problem	11
1.7 Förutsättningar	11
2. Teori	12
2.1 Krav från Boverket	12
2.1.1 Fukt	12
2.1.2 Värme och energihushållning	12
2.1.3 Lufttäthet	13
2.2 Rekommendationer	15
2.2.1 Fukt	15
2.2.2 Lufttäthet	15
2.3 Fukt	16

2.3.1 Allmänt om fukt	16
2.3.2 Hårdvax & slamfärg.....	17
2.3.3 Termoträ	17
2.4 Värme	19
2.4.1 Fysikaliska egenskaper	19
2.4.2 Cellulosabaserad isolering.....	19
2.4.3 Diffusion.....	19
2.5 Lufttäthet	20
2.5.1 Energianvändning i samband med lufttäthet	21
2.5.2 Inomhusmiljö	22
2.5.3 Konsekvenser vid lufttöta byggnader	22
2.5.4 Hur god lufttäthet kan uppnås	22
2.5.5 Svårigheter	24
3. Studie av materialparametrar	25
3.1 Hårdvaxoljan & koppmetoden	25
3.1.1 Material & metod.....	25
3.1.2 Beräkning och resultat	26
3.2 Termoträ & mätning av värmekonduktivitet	27
3.2.1 VIM-märkning	27
3.2.2 Utförande.....	27
3.2.3 Beräkningsmetodik	28
3.2.4 Resultat	28
4. Provväggen	29
4.1 Placering av givare	30
4.1.1 Fuktgivare och termoelement.....	30
4.2 Laborationsgenomförande.....	32

4.2.1 Fukt- respektive värmeanalyser	32
4.2.2 Lufttäthetsmätningar	33
4.3 Resultat av provväggens mätningar	34
4.3.1 Fukt	34
4.3.1.1 Beräkningar, obehandlad provbit.....	35
4.3.1.2 Beräkningar, Provbit med plastfolie.....	37
4.3.1.3 Beräkningar, Provbit med masonit.....	39
4.3.1.4 Beräkningar, Provbit med hårdvax.....	41
4.3.1.5 Beräkningar med plastfolie och hårdvax.....	43
4.3.1.6 Beräkningar med förstörande prover.....	44
4.3.2 Värme och värmefflöde.....	45
4.3.3 Lufttäthet	48
5. Befintlig lägenhet i Hudiksvall	50
5.1 Energikartläggning	50
5.1.2 Specifik energianvändning efter simulering i BV ²	50
5.2 Lufttäthetsmätning (Blower door)	52
5.2.1 Resultat	52
7. Diskussion	53
7.1 Fukt	53
7.2 Värme	55
7.3 Lufttäthet	57
8. Slutsatser	60
9. Referenser	62
9.1 Källkritik	62
9.2 Källor	63
9.2.1 Internetbaserade källor.....	63

9.2.2 Litteratur	63
9.2.3 Muntliga källor för upplägg, rådfrågning och diskussioner	65
9.2.4 Bildkällor	65
Bilagor, del A	66
A1 – Fuktredogörelse av termoträ	66
A2 – Beräkning av ånggenomsläpplighet	70
A3 – Beräkning med Glasermetoden	71
Bilagor, del B	75
B1 – Beräkning av värmekonduktiviteten för termoträ	75
B2 – Blower door-mätning, befintlig lägenhet, Hudiksvall	76
B3 – Termoträ, Certifikat enligt standard för VIM-kontroll.....	82
B4 – Indata till BV ²	85
B5 – Energisimuleringar från BV ²	86
B6 – Teknisk information, klimatskåp & värmeflödesmätare	89
B7 – Exempel på skarvar mellan lufttätande skikt	92
B8 – Medeltemperatur för Hudiksvall under ett normalår (1961 – 1990)	95
B9 – Medeltemperaturer & värmeflöde genom provväggen	96

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Miljö och hållbar utveckling är väldigt aktuellt i dagsläget och så är även diskussionen om plastfolie i konstruktioner. Många företag lanserar produkter genom att trycka på dess miljöinriktning och många jobbar med att bygga miljöinriktat. När det gäller miljövänligt byggande vill företag ofta profilera sig för att hitta andra material som kan ersätta plastfolien.

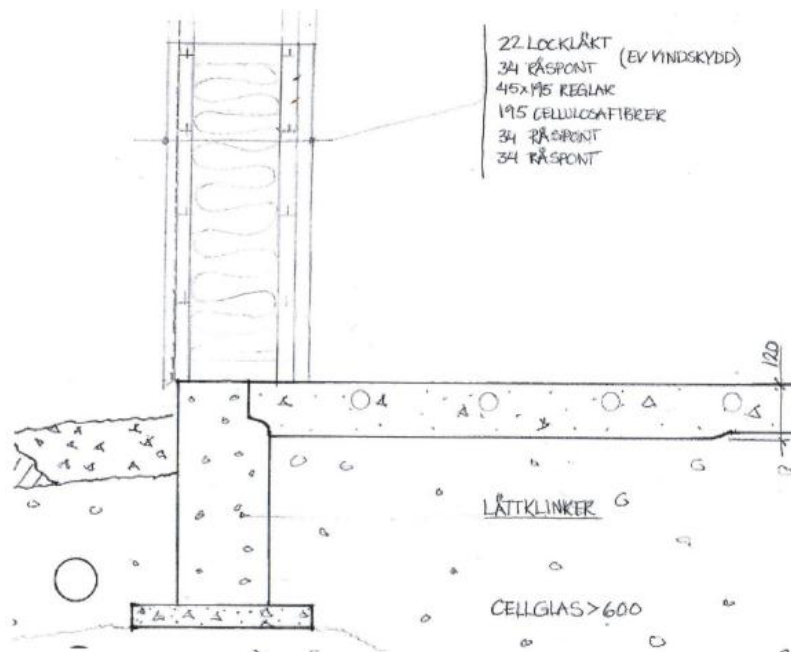
Tony Björklund, arkitekt och fastighetsägare, har ritat och bidragit med underlaget till detta examensarbete. Konstruktionen som han har utvecklat har byggts i ett bostadshus i centrala Hudiksvall. Huset har stått sedan 2008 och har alltså ingen plastfolie i ytterväggen.

För övrigt planeras en till byggnad med konstruktionen i fråga.

1.1.1 Tonys konstruktion

Konstruktionen byggs i färdiga element, 4,8x2,4 meter, då lösull i form av Termoträ sprutas in. Från insidan sett består konstruktionen av två skikt av 34mm råspont (stående respektive liggande), en masonitskiva, en 195x45 regel med lösullsisolering, 34mm råspont och därefter 22mm panel, se figur 1.1. Det bör påpekas att provväggen i detta examensarbete byggdes utan masonitskiva då den testades i ett eget skede.

Fasadskiktet har behandlats med falurödfärg och det inre skiktet behandlats med hårdvax. Förutom vaxet är tanken att de korsliggande skikten av råspont, vilka utgör konstruktionens invändiga yta, ska fungera som diffusionsspärr.



Figur 1.1, Väggekstruktionen provväggen efterliknar.

1.1.2 Diffusions-/konvektionsspärr

I den befintliga konstruktionen är tanken att hårdvaxoljan i samband med de korslagda brädfodringarna ska fungera som en diffusions- och konvektionsspärr, vilket laborationerna med klimatskåpet ska ge en härledning om.

För att ha en referenskonstruktion till hur bra de ovan nämnda lösningarna fungerar har en PE-folie valts som referensmaterial i konstruktionen. Förundersökningen med våta koppmetoden utfördes för att testa ånggenomsläppligheten för hårdvaxoljan, där resultatet skiljer sig avsevärt från en PE-folie.

För att uppnå en sund byggnad ska denna projekteras för att klara av diffusion, konvektion och kapillär fukttransport. "Inneluften har normalt högre ånghalt än uteluften och vattenångan strävar därför att diffundera utåt i byggnadskonstruktionen. Under ogynnsamma omständigheter kan fukten ge upphov till en hög relativ fuktighet, som under längre tid kan ge upphov till mikrobiella skador i konstruktionen. Grundregeln är därför att ha ett tämligen ångtätt skikt på konstruktionens varma sida för att förhindra eller begränsa diffusionen i tillräcklig omfattning. Ångmotståndet på insidan bör vara några gånger högre än ångmotståndet på utsidan. [Sikander, Olsson-Jonsson, 1997]

1.2 Syfte

Detta examensarbete går som tidigare nämnts, ut på att undersöka om någon diffusions-/konvektionsspärr behövs utöver hårdvaxoljan. Konstruktionen saknar både en plastfolie och en vindpapp. Figur 1.1, konstruktionen som provväggen är baserad på (den byggnad som, i skrivande stund, kommer att uppföras inom kort).

Eventuella problem kring en väggkonstruktion utan den klassiska plastfolien som diffusionsspärr, i fukt-, värme- och lufttäthetsavseende undersöks samt utvärderas inför en kommande byggnation genom att utföra tester på en provvägg. Provväggens egenskaper testas med olika former av ångspärrar (masonit, hårdvax och plastfolie) och där värmeisoleringen består av cellulosafibrer. Syftet är också att kontrollera om konstruktionen med de testade tätskikten uppfyller byggbranschens normer gällande fukt, värme och lufttäthet.

1.3 Metod

Förundersökningar för att bestämma hårdvaxoljans fukttekniska egenskaper, som projektet projekterats för, har genomförts med hjälp av koppmetoden. Även en förundersökning för att kontrollera värmekonduktiviteten för lösullsisoleringen termoträ har utförts, vilken baseras på endimensionell stationär värmeströmning.

Litteraturstudier har genomförts av bland annat gällande standarder, forskningsresultat och SP-rapporter, både i början av projektets gång men också löpande då behovet har funnits.

En provvägg av den nya väggkonstruktionen byggdes upp i Högskolan i Gävles laboratorium då en fuktprofil samt värmeflödet skulle kartläggas med hjälp av ett klimatskåp. Provväggen har testats med obehandlad råspont, obehandlad råspont med en masonitskiva, obehandlad råspont med en masonitskiva och en PE-folie, hårdvaxbehandlad råspont med en masonitskiva och plastfolie, hårdvaxbehandlad råspont utan masonitskiva och plastfolie samt avslutningsvis hårdvaxbehandlad råspont med springor mellan sponten och fyra spikar mitt i konstruktionen. En fläktanordning användes för att skapa undertryck och övertryck i klimatskåpet då lufttäthetprovningarna kördes.

Möte med Tony samt de inblandade lärarna hölls i ett tidigt stadie för att diskutera omfattningen av projektet. Tony har en befintlig byggnad som lufttäthetstestades för att få en referens mot de provtryckningar som utförts gällande provväggens lufttäthet.

Värmeanalysen har arbetats fram med hjälp av energiberäkningsprogrammet BV². Lufttäthetsmätningar har genomförts och jämförts mot uppmätta värden. Tolkning av resultat har gjorts tillsammans med respektive handledare, interna samt externa.

Fuktanalysen kommer ske via mätvärden som jämförs med de värden man får med hjälp av Glasermetoden då denna beräknar stationära förutsättningar. Med Glasermetoden beräknas fuktfördelning och fungerar så att med hjälp utav en tabell, kan ånghalt och då relativa fuktigheten beräknas. Metoden använder sig bland annat utav dimension och värmekonduktivitet för de olika skiktens material.

1.4 Mål

Målet med examensarbetet är att etablera fukt-, luft- samt värmeprofil för Tonys konstruktion och jämföra experimentella data med beräkningsresultat. Detta för att bestämma vilken eller vilka typer av materialkombinationer som uppfyller BBRs krav. Inom viss mån kommer även förslag till förbättring, då ej plastfolie, att presenteras.

Förhoppningarna är att de tester och laborationer som utförts ska kunna användas vidare i eventuella arbeten och undersökningar.

1.5 Avgränsning

Projektet avgränsar sig till endast ytterväggen av klimatskärmen, samt att kontrollera om lösullsisoleringen inte kräver någon diffusionsspärr. Om isoleringen inte upptar den traditionella PE-foliens funktion ska förslag för en miljövänlig diffusionsspärr/ångbroms tas fram. Mätningarna har utförts i Högskolans laboratorium (med undantag från Energikartläggningen i Hudiksvall) och då på den uppbyggda provväggen.

1.6 Problem

Fungerar hårdvaxoljan som diffusions-/konvektionsspärr? Bör ett annat byggnadsmaterial läggas till för att förbättra konstruktionens funktion? Vilken temperaturfördelning har provväggen och vilket värmeflödet uppmätts? Hur lufttät är den befintliga byggnaden samt provväggen vid olika utföranden? Kan den hårda miljöaspekten behållas eller måste miljöaspekten frånges för eventuella ytterligare material? Uppfyller resultatet dagens byggnormer?

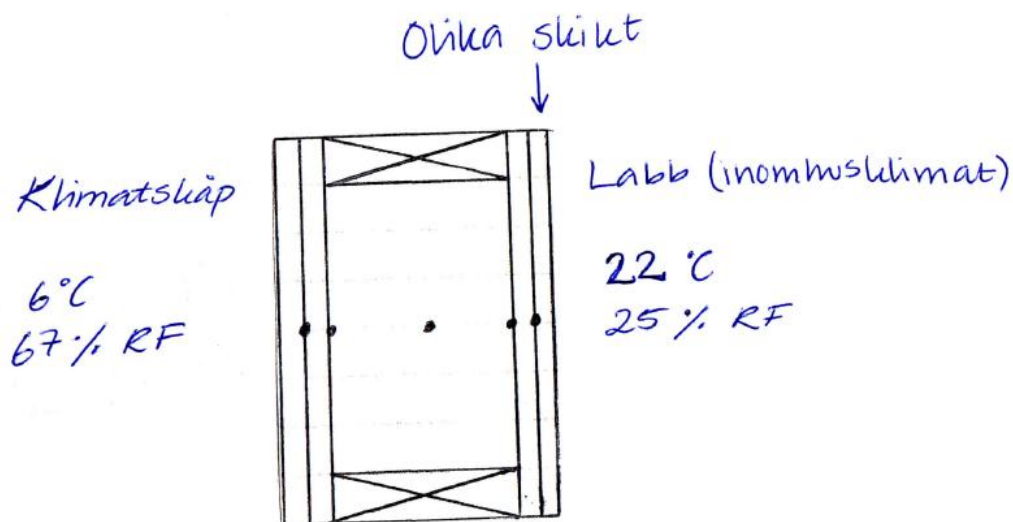
Som rapportrubriken indikerar grundas detta arbete på antagandet att hårdvaxoljan kommer att fungera som en diffusion-/konvektionsspärr. Under byggnadsingenjörsutbildningen har diverse diskussioner om plastfolie i konstruktioner dykt upp. I denna rapport kommer plastfolien endast att användas som en referens för att jämförelse mot masonitskivan och hårdvaxoljan.

1.7 Förutsättningar

Tonys konstruktion har en miljöinriktning där plastfolie ska undvikas. Studenterna ska i begränsad omfattning ge förslag på förändringar till konstruktionen då konstruktion fortfarande ska fungera utan någon plastfolie. Examensarbetet ska visa hur fukt- värme- och lufttäthetsprofilen ser ut för denna konstruktion. Förutsättningarna för arbetet är att det ska spegla verkligheten och det hus som redan är byggt. Huset är placerat i Hudiksvall och den utomhustemperatur som representerar uteklimat i klimatskåpet, är en medeltemperatur för året 2011, som enligt SMHI är 6°C (se bilaga B8). Inneklimatet som representerades av högskolans laboratorium, uppmättes till 22°C av termoelement på konstruktionens insida (i direkt anslutning till inomhusklimatet).

En fuktgivare placerades i klimatskåpet och uppmätte den relativa fuktigheten till 67 % och den relativa fuktigheten i laboriet uppmättes till 25%.

Figur 1.2, förutsättningar för arbetet. För att se placeringar av fuktgivare, termoelement och värmeflödesmätare, se kapitel 4.1 – Placering av givare.



2. Teori

2.1 Krav från Boverket

2.1.1 Fukt

BBR, Boverkets byggregler, Kap 6.5 går igenom fukt. Det första stycket sammanfattar tanken med dessa regler väldigt bra

6:51 Allmänt

”Byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa.”

Det BBR tar upp i kapitel 6.5 är bland annat högsta tillåtna fukttillstånd, där regelsamlingen också säger att för att okänt material ska 75% RF användas som kritiskt värde. Under fuksäkerhet beskriver de hur byggnader ska utformas, fuktprojektering. Kapitel 6.5 tar även upp lufttäthet då den är avgörande för fukt som transporteras via konvektion. Boverket säger alltså att byggnadsdelar ska utformas med god lufttäthet. Ett stycke beskriver också mark och byggnadsdelar där boverket tar upp dränering och hur klimatskalet ska utformas. Ytterväggar ska utformas så att fukt inte kan ta sig till känsliga byggnadsdelar. Till sist går de igenom hur hygienutrymmen, som måste vara fukttäta, ska utformas med skikt och dylikt. [BBR 19, 2012]

2.1.2 Värme och energihushållning

BBR 2012 säger

9:2 Bostäder

Bostäder ska vara utformade så att

- byggnadens specifika energianvändning,
- installerad eleffekt för uppvärmning, och
- genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar

som omsluter byggnaden (A_{om}),

högst uppgår till de värden som anges i tabell 9:2a och 9:2b.

Tabell 9:2a Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energi-användning, [kWh per m ² A _{om} och år]	130	110	90
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]	0,40	0,40	0,40

(BFS 2011:26).

Figur 2.1, krav för byggnaders specifika energianvändning. Utdrag från BBR 2012.

Lag 2006:985, om energideklaration för byggnader säger

”5 § Den som äger en byggnad skall se till att det för byggnaden alltid finns en energideklaration som inte är äldre än tio år” vilket gäller då den berörda byggnaden upplåts med nyttjanderätt, se Boverkets hemsida för mer information.

”9 § I en energideklaration skall det anges

1. en uppgift om byggnadens energiprestanda,
2. om obligatorisk funktionskontroll av ventilationssystemet har utförts i byggnaden,
3. om radonmätning har utförts i byggnaden,
4. om byggnadens energiprestanda kan förbättras med beaktande av en god inomhusmiljö och, om så är fallet, rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder för att förbättra byggnadens energiprestanda, och
5. referensvärden, som gör det möjligt för konsumenter att bedöma byggnadens energiprestanda och att jämföra byggnadens energiprestanda med andra byggnaders.” [Boverket, 2010]

2.1.3 Lufttätthet

Traditionellt sett har plastfolie använts i träregelkonstruktioner i flertalet decennier för att säkerställa luft- och diffusionstätning. Byggnormerna har krävt hög diffusionstäthet sedan 1967 genom SBN 75 (Svensk Bygg Norm -75) där kravet för vägg är att det inre tätskiktet ska vara 5 gånger tätare än det yttre, vilket för tak enligt samma lag var att det inre skiktet ska vara 10 gånger tätare än det yttre, vilket har kunnat uppnås med hjälp av plastfolien. Kravet för lufttätthet var $0,8 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ alternativt $2,9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. [SP RAPPORT 1997:34]

Tabell 33:3 Högsta godtagna luftläckning, $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$

Byggnadsdel	Tryck-skillnad Pa	Byggnad med höjd i våningar		
		1 – 2	3 – 8	> 8
Vägg mot det fria	50	0,4	0,2	0,2
Fönster och dörr mot det fria (avser tätheten hos springan mellan karm och fönsterbåge resp. dörrblad)	50	1,7	1,7	1,7
	300	5,6	5,6	5,6
	500	–	–	7,9
Tak mot det fria samt bjälklag mot det fria eller mot ventilerat utrymme	50	0,2	0,1	0,1

Figur 2.2, högsta tillåtna luftläckage i SBN 75.

BBR 94 säger

"9:212 Lufttäthet

Byggnadens klimatskärm skall vara så tät att det genomsnittliga luftläckaget vid ± 50 Pa tryckskillnad inte överstiger 0,8 l/s m' för bostäder och 1,6 l/s m' för andra utrymmen. Därvid skall arean A_{om} enligt definition i avsnitt 9:2111 beaktas." [BBR 94]

BBR 2012 säger

- "Lufttäthet

Reglerna ställer inte upp några gränsvärden för lufttätheten i byggnadens klimatskal, men i ett allmänt råd belyses vikten av god lufttäthet för att minska risken för fuktskador."

- "6:531 Lufttäthet

Allmänt råd

För att undvika skador på grund av fuktkonvektion bör byggnadens klimatskiljande delar ha så god lufttäthet som möjligt. I de flesta byggnader är risken för fuktkonvektion störst i byggnadens övre delar, dvs. där det kan råda invändigt övertryck. Särskild omsorg att åstadkomma lufttäthet bör iakttas vid höga fuktbelastningar som i badhus eller vid särskilt stora temperaturskillnader.

Lufttätheten kan påverka fukttillståndet, den termiska komforten, ventilationen samt byggnadens värmeförluster. Metod för bestämning av luftläckage finns i SS-EN 13829. Vid bestämning av luftläckaget bör även undersökas om luftläckaget är koncentrerat till någon byggnadsdel. Om så är fallet kan risk finnas för fuktskador."

- "6:952 Fuktsäkerhet

En byggnads lufttäthet ska vara sådan att konvektion av fuktig luft inte medför att materialens högsta tillåtna fukttillstånd överskrids."

- "9:21 Klimatskärmens lufttäthet

Byggnadens klimatskärm ska vara så tät att krav på byggnadens specifika energianvändning och installerad eleffekt för uppvärmning uppfylls.

Allmänt råd

Ytterligare regler om klimatskärmens lufttäthet ur fukt- och ventilationssynpunkt framgår av avsnitten 6:255 Täthet och 6:531 Lufttäthet. Regler om täthet mot brandspridning, finns i avsnitt 5 Brandskydd."

- "6:255 Täthet

Tryckförhållandena mellan till- och frånluftsinstallationer ska vara anpassade till installationernas täthet så att strömning av frånluft till tilluft inte sker.

Allmänt råd

För att föroreningar inte ska återföras genom värmeväxlare där luftvandring kan ske från frånluftssidan till tilluftssidan bör trycknivån vara högre på tilluftssidan än på frånluftssidan.

Klimatskärmen bör ha tillräckligt god täthet i förhållande till det valda ventilationssystemet för en god funktion och för injustering av flöden i de enskilda rummen. Även ur fuktskadesynpunkt bör klimatskärmens täthet säkerställas. Regler om lufttätheten hos en byggnads klimatskärm finns i avsnitt 6:531. Mätning av läckage i kanaler av plåt kan ske enligt SS-EN 12237. Ytterligare uppgifter om täthetsprovning av ventilationskanaler finns i Forskningsrådet Formas skrift *Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer (T9:2007)* och anvisningar i AMA VVS & Kyl 09 samt SS-EN 15727.”

2.1.3.1 Passivhus

För jämförelse mot det tidigare kravet av BBR är passivhusens krav på lufttäthet: ”Uppmätt luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt 0,30 l/s m² vid en tryckdifferens på 50 Pa, enligt SS-EN 13829 eller enligt förenklade metoder beskrivna i denna standard.” [www.energieffektivabyggnader.se]

2.2 Rekommendationer

2.2.1 Fukt

Enligt författaren till bakom *Byggnadsmaterial, Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper* finns risk för mikrobiell tillväxt på trä vid 70-85% relativ fuktighet. Risken för röta ligger mellan 75-95% relativ fuktighet.

2.2.2 Lufttäthet

Genom erfarenheter från flertalet projekt anser författarna bakom *Lufttäthetens handbok* att en rimlig kravnivå för lufttätheten skulle vara 0,4 l/s vid en tryckskillnad på 50 Pa.

2.3 Fukt

2.3.1 Allmänt om fukt

Byggfukt påverkar både konstruktion och inomhusmiljön i en byggnad. Mikrobiell tillväxt och dylikt trivs i fuktiga miljöer och kan resultera i att byggnadskomponenter i en konstruktion förstörs och att inomhusmiljön förorenas så att de som vistas i byggnaden utvecklar bland annat allergier. Största orsaken till angrepp är fukt och vissa mikroorganismer kan leva i lägre fukthalter medan andra trivs i höga fukthalter. [SP-RAPP-2006-22]

Tonys konstruktion består till stor del utav träbaserade material. Dessa material har ett kritiskt fukttillstånd på 70-85% RF för mikrobiellt tillväxtangrepp. [P-G Burström]

Avgränsningen med det kritiska fukttillståndet har skapat en diskussion om det verkligen är försvarbart att bygga med trä och andra organiska material i det klimat som råder i Sverige. Det faktum att utomhusluften ofta ligger över 70% RF året runt ligger då i fokus. Men då större delen av de fuktskadade husen i Sverige kommer från byggfusk och inte från de organiska materialen i sig är det väl bättre att bygga i just trä då Sverige är självförsörjande inom den industrin. [Rapport TVBM-3151]

De flesta byggnadsmaterial är hygroskopiska, detta betyder att de både tar upp och avger fukt från omgivningen. Självklart fungerar fuktupptagningen olika för olika byggnadsmaterial. Den största fuktboven när det gäller ytterväggar är slagregn. Det är då vanligt att man har en dränerande luftspalt bakom fasadlagret där fukten kan rinna ut men så är inte fallet i Tonys konstruktion. När det inte finns någon luftspalt i ytterväggen är det väldigt viktigt med lufttätheten vilket kommer tas upp mer i del B. Vattenånga kan transporteras i konstruktionen på två sätt. *Diffusion* innebär transport genom att ångan strävar från högre ånghalt till lägre och *konvektion* är när fukten transporteras med luft. [P-G Burström, 2011]

Luftens kapacitet att innehålla fukt är väldigt beroende av temperaturen då denna blir större vid högre temperaturer. Det finns alltid en viss mängd ånga i luften där mängden anges i ånghalt eller partialtryck. Fuktgivarna i Provväggen mäter den relativa fuktigheten, RF. RF är förhållandet mellan den aktuella ånghalten respektive det partiella ångtrycket och mättnadsånghalten respektive mättnadsångtrycket. Dagpunkt är den temperatur där ångan blir till vatten, kondens.

Fuktsäkerhetsprojekteringen får mer och mer fokus vid byggen och det kommer allt mer krav och råd från till exempel BBR. Det har också publicerats en vägledning, BVL, där tanken är att fuktprojekteringen ska underlättas. Boverket, via BBR, tycker bland annat att kända byggnadsmaterial med styrka egenskaper ska användas. De menar på att om egenskaperna för ett material, så som fukttransport och kritisk fuktnivå, är kända sparar man tid och pengar för onödiga leveranskontroller. Problemet med just detta är att i dagens läge används mycket importerat material där leverantörerna inte har särskilt bra koll på fuktegenskaperna. [Rapport TVBM-3162]

De största fuktkällorna som måste beaktas gällande en konstruktion är

- Byggfukt
- Markfukt
- Fukt i utomhusluften
- Fukt inomhus (matlagning, tvätt, avdunstning etc)
- Läckage från installationer
- Slagregn

2.3.2 Hårdvax & slamfärg

Den befintliga byggnaden i Hudiksvall har som sagt behandlats med hårdvax och slamfärg, Falu rödfärg, på respektive sida av ytterväggen. I förundersökningen kunde det visas på att i liten skala minskade hårdvaxet fuktttransporten med 67%. Som tidigare nämnts borde slamfärg också ha testats i förundersökningen men då slamfärgen är diffusionsöppen kan det antas att det inte hade resulterat i någon större skillnad i det slutgiltiga resultatet.

Falurödfärg innehåller pigment från just Falu koppargruva. Rödmull bildas genom kopparfattig malm som vittrat sönder och dess sällsynta innehåll av kisel, järn och zink resulterar i konserverande effekt på trä. Mullen bränns och skiktas vid olika temperaturer och kokas sedan till färg. Kiselkristallerna bidrar till att reflektera ljus vilket ger färgen sin underbara karaktär. Falu rödfärg har en dokumenterat låg miljöpåverkan enligt hemsidan [falurodfarg.se](http://www.falurodfarg.se) och bildar ett skikt som låter träet andas. Färgen släpper in fukt men fungerar så att det som tar sig in kan dunsta bort vilket resulterar i att det behandlade träet inte förstörs då det får god chans att torka. Dock står det även i denna beskrivning att slamfärgen är skadlig för vattenmiljön. [www.falurodfarg.se]

Hårdvaxoljan från Biofa ger en slittålig yta med och framhäver ytans struktur. Oljan är vattenresistent men tillåter träytan att andas. Biofa menar på att oljan är tillverkad av naturliga ingredienser men samtidigt står det längre ner i beskrivningen att den är skadlig för vattenorganismer i icke härdad form. Oljan kan ha långsiktig verkan i negativ mening i vattenmiljö och innehåller koboltföreningar. I en snabb byggvarubedömning kan man också se att hårdvaxolja är rödmärkt, dock finns just biofas olja inte med i registret. Rödmärkningen beror till stor del på att det finns lite information om produkterna. [www.biofa.se]

2.3.3 Termoträ

Den befintliga byggnaden och provväggen i examensarbetet är båda isolerade med TERMOTRÄ som är en träfiberisolering i lösull. Isoleringen tillverkas av svensk skog och sprutas in i konstruktionselementen. Termoträ har gjort tester där de kan visa att isoleringen är så pass packad att den inte sjunker ihop och bildar köldbryggor.

Isoleringen består utav ca 85-95% förnyelsebar träfiber och är behandlad med ammoniumpolyfosfat för mikrobiell tillväxt- och brandbeständighet. Enligt Sunda Hus är ammoniumpolyfosfat varken klassat som miljö- eller hälsofarligt. TERMOTRÄ själva skriver på sin hemsida att de har tillsatt så pass lite kemikalier att naturen själv skulle kunna bryta ner dem om isoleringen deponerades på fel sätt.

Fuktmässigt menar TERMOTRÄ att isoleringen inte löper någon större risk, än trästommen i konstruktionen, att angripas av mikrobiell tillväxt och dylikt. Då lösullen är tillverkad av träfiber har dessa liknande egenskaper. I en redogörelse från TERMOTRÄ visar de ett exempel där isoleringen legat i 10 år under ovanliga fuktförhållanden och är fortfarande intakt. För hela fuktredegörelsen se bilaga A1 [www.termotra.se]

2.4 Värme

2.4.1 Fysikaliska egenskaper

Värmetransport kan ske på tre olika sätt, genom konvektion, ledning, strålning eller genom fukttransport. Värmetransporten genom fukttransport sker genom att värme binds vid avdunstning och frigörs vid kondensation. Konvektion, ledning och strålning kan uppträda samtidigt i både luft och porösa material. Värmeledning sker genom fasta, inte porösa och genomskinliga material. Vid stationära endimensionella förhållanden för värmeledning antas att temperaturen inte har någon inverkan på värmekonduktiviteten för normala byggnader, formeln beräknas genom $q = \lambda \cdot \Delta T / d$ [W/m²].

Värmestrålning sker genom fasta och genomskinliga material som exempelvis glas. Alla kroppar avger emission, termisk strålning, där "emittansen är ett mått på hur mycket en verklig yta strålar jämfört med en idealt svart kropp." En svart kropp är en kropp som absorberar infallande strålning. Då en verklig kropp utsätts för strålning kommer viss del att transmittas, absorberas och viss del reflekteras. Det finns två typer av strålning, där ena är *direkt solstrålning* (ljus och kortvågig strålning, hög temperatur) och den andra är *strålning från eller mellan ytor vid normala temperaturer* (mörk och långvågig strålning, låg temperatur).

Konvektion sker genom vätskor och gaser då dessa transporteras och på så sätt transporterar värme. Vanligast är att luften överför värme från en varmare yta till en kallare yta. Naturlig konvektion sker genom att varmare luft är lättare än kallare luft och stiger därför uppåt. Påtvingad konvektion sker genom att en fläkt eller vinden har sin inverkan. [K Sandin, 2010]

2.4.2 Cellulosabaserad isolering

"Lufttäta, diffusionsöppna konstruktioner med cellulosaisolering är inte bara överlägsna när det kommer till att minimera byggnadens framtida uppvärmningskostnader, det borgar även för att byggnaden är sund att vistas i för brukarna. Cellulosan hjälper till att utjämna den relativa luftfuktigheten (RF) och håller den på optimala nivåer omkring 50 %. Detta är den optimala nivån med minsta grogrund för mikrobiell tillväxt och bakterier samt astma och allergier." [www.isoleringstjanst.se]

"Det är mer fördelaktigt att använda cellulosaisolering framför mineralull, då det är ett betydligt lufttätare material." [L Olsson, SP, <http://www.nordisolering.nu>]

2.4.3 Diffusion

Tanken med att diffusionstäta byggnader är att fukt ifrån inomhusluften inte ska kunna vandra in till konstruktionens kallare delar och skapa kondensutfällning. Fukt tillsätts inomhusluften då vi duschar, tvättar, lagar mat och svettas vilket ökar ånghalten inne. Ånghalten inne är oftast högre än ånghalten ute, och då ånghalten vill jämna ut sig kommer vattenånga inifrån att vilja vandra in i konstruktionen. Fuktproblematik uppstår särskilt vintertid då temperaturskillnaden mellan inne- och utomhusluften ökar, då även tryckskillnaden påverkar. En diffusionsspärr används därför för att stoppa diffusion genom klimatskalet. Diffusionsspärren kan placeras maximalt en tredjedel av väggens isoleringstjocklek in i väggens isolering från konstruktionens insida sett. På detta sätt kan antalet genomföringar minimeras genom diffusionsspärren för installationer samtidigt som risken för oavsiktliga håltagningar i väggen.

2.5 Lufttätethet

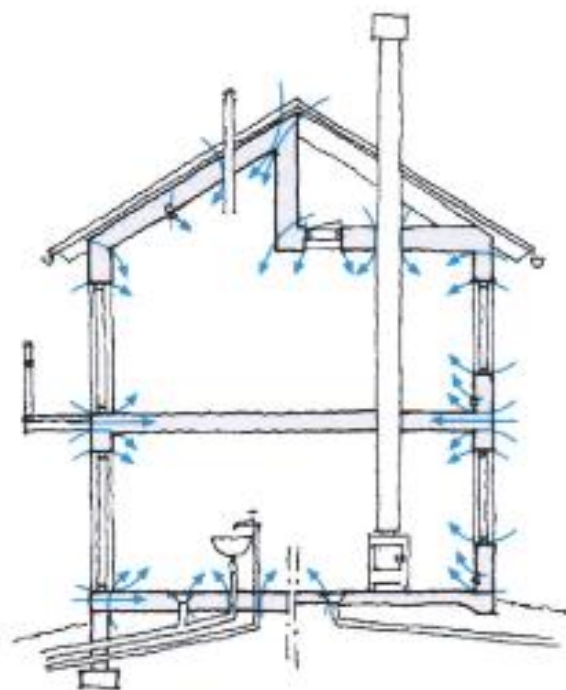
Då en läckagesökning utförs i tidigt skede ska inte den inre beklädnaden vara monterad men alla installationer ska vara monterade, och eventuella läckor bör tätas innan en ny läckagesökning görs för att se om alla otätheter tätades. Därefter kan den inre beklädnaden monteras. [Bygg & Teknik, 5/08]

Då en täthetsprovning sker innan byggnaden är färdigställd är det viktigt att alla genomföringar och skarvar ska vara tätade och att hela klimatskalet är färdigställt för att få ett rättvist mätvärde. En läckagesökning kan med fördel utföras innan täthetsprovningen, men även här behöver genomföringar och anslutningar vara tätade. Är inga fönster eller dörrar uppmonterade behöver dessa håltagningar tillfälligt tätas.

Täthetsprovningen visar hur tät byggnaden är medan läckagesökningen visar förbättringsåtgärder (brister). En läckagesökning kan utföras med hjälp av handen, lufthastighetsmätare, spårgas, såpbubblemetoden eller en termografering, dessa förutsätter en tryckskillnad. Metoder som inte förutsätter tryckskillnad är bland annat okulära inspektioner och akustiska mätningar.

"Det krävs att metoden visar *var* det läcker och inte bara *att* det läcker." [Sikander; Wahlgren, 2008].

"Mätningarna i fält och i laboratorium visar dock klart att det går att få lufttätt med andra material än plastfolie." " ..det är viktigt att påpeka att de material som används som tätskikt bör ha god lufttäthet." [SP Rapport 1997:34]



Figur 2.3 visar var det vanligtvis är luftläckage genom klimatskärmen. [Bildkälla: SP RAPPORT 2008:36]

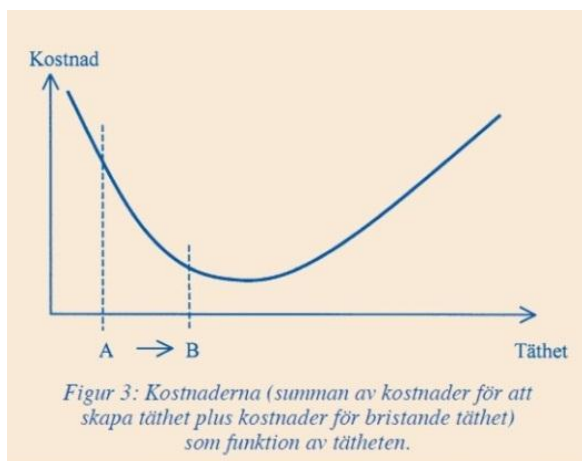
2.5.1 Energianvändning i samband med lufttätethet

För att få en mer lufttät konstruktion krävs mer omsorg för att bland annat skapa tätare anslutningar och genomföringar. Resultatet blir att inomhusklimatet upplevs bättre samt fuktproblematiken och energiförbrukningen kommer troligen att minska vid en konvektionstät konstruktion. Tester för ett bostadshus på 6 våningar med lufttätetheten $0,8 \text{ l/sm}^2$ vid 50 Pa tryckskillnad, visade att energiförbrukningen för uppvärmningen av byggnaden minskade med närmare 30 %, då byggnadens lufttätethet ökade. [SP RAPPORT 2007:23]

En lufttätbyggnad kan ge konsekvenserna av en ökad energianvändning, en sämre luftkvalitet, en försämrad termisk komfort samt risk för fuktskador. Detta kommer i sin tur att bli ett ekonomiskt problem då detta ska åtgärdas. [FoU-Väst, 2007]

Byggnadens utökade energiförluster är beroende av vilket ventilationssystem byggnaden har. Ökningen av energiförlusterna sker linjärt med otätheterna för exempelvis självdragshus, men andra faktorer som påverkar är hur vindutsatt byggnaden är, områdets klimat men också var otätheterna på byggnaden finns. En undersökning gällande luftläckaget genom klimatskärmen visade att luftläckaget stod för 25 % av byggnadens totala energiförluster genom klimatskärmen då hälften av inomhusluften byttes ut varje timme.

Byggnader med självdrag påverkas mest av ett otätt klimatskal där ventilationsgraden får en väldigt stor påverkan. Vid ett till- och frånluftssystem bör det vara ett mindre undertryck i byggnaden för att undvika luftrörelser genom konstruktionen. Genom att ha en kontrollerad ventilation kommer inte förorenad utomhusluft läcka in genom otätheter till inomhusluften, det gäller exempelvis för pollen. För att förhindra att radon tar sig in i till inomhusluften bör det vara lufttätt mellan grunden och marken. Bortsett från att lufttätethet mellan lägenhetsväggar skapar ett ökat brandmotstånd, hindrar det också förorenad luft att spridas mellan lägenheterna. [K Adalberth, 1998]



Figur 2.4, visar ett antagande om att kostnaden i byggsektorn år 2007 för att projektera en byggnad motsvarar position A, och position B kan uppnås genom att öka lufttätetheten. Detta skulle resultera i ökande kostnader för dyrare lösningar, utbildning till personalen på arbetsplatsen samt de extra kontroller detta medför. Dessa kostnader skulle uppvägas av minskad energiförbrukning och underhåll av byggnaden utifrån ökad lufttätethet.

[Bygg & Teknik, 5/07]

Figur 2.4, minskade kostnader vid projektering för en ökad lufttätethet i byggnaderna.

För att få ett så bra U-värde som möjligt i väggkonstruktionen krävs det att luft inte kan blåsas in i isoleringen eftersom att luften då transporterar bort värme från konstruktionen. Om inget vindskydd används i konstruktionen finns risk att transmissionsförlusterna ökar desto mer jämfört med om ett vindskydd används, precis som att transmissionsförlusten blir desto större desto högre vindhastigheten blir. [FoU-Väst, 2007]

2.5.2 Inomhusmiljö

”Lufttätheten är en avgörande faktor både för konstruktionens beständighet och för en god inommiljö i moderna byggnader. Kravet på lufttäthet är ett ”kvalitetsdrivande” krav eftersom lufttäta byggnader kräver noggrannhet och omsorg i planering och utförande i detaljer”. [FoU-Väst, 2007]

Luftkvaliteten påverkas då utomhusluft kommer in genom okontrollerade former och blandas med inomhusluften, vilket kan ske vid betydande otätheter i klimatskärmen. För att uppnå en kontrollerad ventilation ska klimatskärmen vara lufttät. Den luft som kan sippra genom klimatskärmen påverkas i sin tur av temperaturskillnaden mellan inomhus och utomhus, ventilationen samt vindens påverkan. Detta innebär att den luftströmning som uppstår på vintern kommer att vara kraftigare än vad den troligtvis kommer att vara på sommaren. [SP RAPPORT 1997:34]

2.5.3 Konsekvenser vid luftotäta byggnader

Vindtätning används för att förhindra att vind ska kunna blåsa i väggkonstruktionen och då sänker värmeisoleringsförmågan på isoleringen, samt att fungera som ett skydd mot regn som kan komma in bakom fasaden. Vindtätningen är tänkt att placeras långt ut i konstruktionen (nära utomhusmiljön). [K Adalberth, 1998]

En byggnad med luftläckage ger inte bara en högre energiförbrukning och sämre inomhusklimat, utan också en okontrollerad ventilation och en sämre fuktsäkerhet. Vid ett övertryck i en otät byggnad kan fuktig inomhusluft tryckas till konstruktionens kallare delar. Detta gör att kondens kan uppstå och risken för mikrobiella tillväxtskador ökar och byggnadsmaterialens beständighet kan försämras avsevärt.

Är det däremot ett undertryck i byggnaden kan utomhusluften sippra in genom otätheter i klimatskärmen, vilket i sin tur påverkar den termiska komforten negativt (genom exempelvis kallras och drag) samt att även energihushållningen påverkas. Kalla ytor som kan uppstå vid stora luftläckage mellan konstruktionsdelar som exempelvis en vägg och ett bjälklag, leder till ökad risk för försmutsning, kalla golv samt att troligtvis kompenserar de boende med att höja temperaturen något vilket i sin tur påverkar energihushållningen. [SP RAPPORT 1997:34]

2.5.4 Hur god lufttäthet kan uppnås

Trä i sig är inte lika lufttätt som exempelvis betong, vilket innebär att ett tätare skikt måste tillsättas till träkonstruktionen för att den ska bli lufttät, exempelvis plastfolie, pappskikt, skivmaterial eller en duk. Det är av stor vikt att genomföringar, skarvar och anslutningar är täta – vilket är starkt beroende av arbetsutförandet och kunskapen på arbetsplatsen om vikten av lufttäta konstruktioner. Det är också av stor vikt att det inte blir luftrörelser i konstruktionen samt att de material som väljs ska ha en hög beständighet, det vill säga att inte komponentens funktion nedsätts på grund av föråldring.

För att undvika flertalet genomföringar genom det inre tätskiktet i väggen placeras ofta ett installationsskikt mellan två lager av isolering, där det inre skiktet är tunnare än det yttre. En tumregel har varit att montera en tätskiktet innanför en tredje del av isoleringens totala tjocklek, vilket här skapar det inre och yttre isoleringsskiktet.

Ett annat alternativ kan vara att montera en glespanel mellan tätskiktet och en inre gipsskiva för att placera genomföringar av bland annat eldosor och elrör. Bäst vore det om så stor del som möjligt av rördragningarna kan planeras in i mellanväggar eller på annat sätt undviker ytterväggen för att undvika så stor andel håltagningar i tätskiktet som möjligt.

En fältstudie för att bygga träregelkonstruktioner utan plastfolie som lufttätande skikt har genomförts i SP Rapport 1997:34 på tre skolor och tre enfamiljshus i södra Sverige, där arbetsplatsbesök och laborationer har genomförts. I rapporten kom författarna fram till att genomföringar för framförallt el- och VVS-rör genom *vindtät* har varit svåra att få lufttäta, men de kom också fram till att det fanns potential att förbättra lufttätheten i flertalet av byggnaderna. I dessa fall har ingen bedömning gällande tejpens beständighet gjorts.

Rapporten visade också att god lufttäthet kan uppnås med "endast gipsskiva som tätskikt" – däremot skulle uppföljning med fler mätningar behövas då byggnaden tagits i bruk, för att konstatera om gipsskivan skulle räcka som tätskikt. Det var viktigt att bygghandlingarna avgav hur skarvar, anslutningar och detaljer ska utföras lufttäta då risken att mindre gynnsamma lösningar hade valts på arbetsplatsen. Projekteringen väldigt viktig – försök att undvika så många genomföringar som möjligt. Rapporten visade att trots att samma material har använts påvisas stora skillnader vid täthetsprovningarna, vilket borde bero på arbetsutförandet och den individuella tekniska lösningen.

Det är viktigt att snickarna vet om tätskiktet ska klämmas mot exempelvis isoleringen, en glespanel eller gipsskivor alternativt om den ska tejpas. I samma rapport beskrivs även att om en genomföring ska göras genom tätskiktet blir luftläcket mycket lågt om hålet görs några millimeter mindre i diameter än själva genomföringen, jämfört med att göra ett större hål och täta i efterhand. [SP RAPPORT 1997:34]

Provning av plastfolies omlottläggning vid 200mm, 600mm samt 1200mm har testats vid SP. Testerna visar att luftläcket är betydligt mindre vid 1200mm överlapp jämfört med 200mm överlapp vid 50Pa tryckskillnad. Testresultaten visade också stor skillnad på om diffusionsspärren klämdes fast eller inte, för bästa resultat ska det vara ett materialskikt på båda sidor. Oberoende av val av diffusionsspärr alternativt ångspärr borde ett längre överlapp visa sig gynnsammare än ett kortare överlapp. [SP RAPPORT 2004:22]

2.5.5 Svårigheter

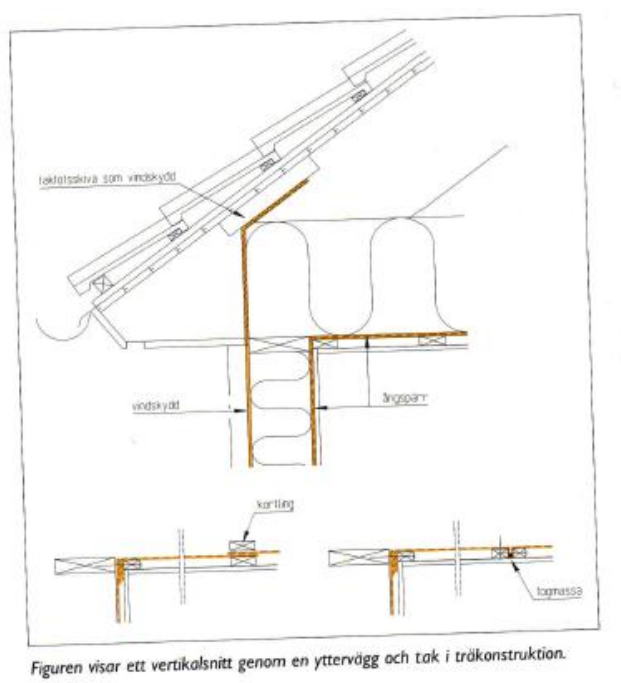
Viktigt är att alla inblandade parter förstår vikten av att bygga lufttätt då fuktskador, komfortproblem och högre energiförbrukning blir följden av bristande projektering alternativt arbetsutförande. [SP RAPPORT 1997:34]

Vid användning av gipsskivor istället för diffusionstätning uppkommer svårigheter att få tätt vid framförallt genomföringar och anslutningar mellan olika byggnadsdelar.

Viktigt är att skarvutförandet av tätskiktet utförs rätt för att uppnå den tänkta lufttätheten. Det finns flertalet material att välja emellan, däribland flertalet fogmassor, primers för att underlätta fogningen, foglister och klämlister. Polyuretanskum är starkt allergiframkallande vid inandning och hudkontakt och räknas därför bort ur denna kategori.

Figur 5.3 visar hur tätning för anslutning mellan vägg och tak kan genomföras på en träkonstruktion där ångspärren från vindsbjälklaget och ytterväggen kläms ihop tillsammans med hjälp av en läkt. Takfotsskivan bör dock dras högre vid lösullsisolering. [K Adalberth, 1998]

Fler exempel på hur skarvar mellan lufttätande skikt utifrån K Adalberths bok *God lufttätthet – En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer*, visas i bilaga B7.



Figur 6.3. Källa: K Adalberth, God lufttätthet.

3. Studie av materialparametrar

3.1 Hårdvaxolja & koppmetoden

För att få förståelse för hur hårdvaxolja och masonitskivan påverkar fukttransporten utfördes en mindre laboration innan respektive mätningar genomfördes på provväggen. Laborationen utfördes genom koppmetoden.

Syftet med laborationen var att inför examensarbetet kunna visa på om hårdvax respektive masonitskivor skulle fungera som en eventuell ångspärr. Syftet var också att få förståelse för hur olika material och ytskikt beter sig fuktmässigt.

3.1.1 Material & metod

Kopparnas diameter var 9mm och två prover av varje förutsättning tillverkades. Förutsättningarna som skulle testas var obehandlad råspont, råspont behandlad med hårdvaxolja och masonitskiva. Det var alltså 6 koppar som placerades i klimatskåpet. Bitarna av råspont var 6,3mm tjocka medan masoniten var 4mm.

Koppmetoden går ut på att en behållare med vatten försluts med provmaterialet, av det material som ska testas, som lock. Se figur 3.1 och 3.2. Behållaren med 100 % RF placeras sedan i ett klimatskåp som har ett bestämt RF på 35%. Genom att sedan väga behållaren med jämna mellanrum tills ångtransporten stabiliserats kan hur mycket ånga som transporterats genom materialet räknas ut då ångan diffunderar till miljön med lägre ånghalt.



Figur 3.1, provkopp.



Figur 3.2, tätning med häftmassa.

Proverna tätades med häftmassa på under- och överkant utav materialen för att undvika springor och dylikt där fukt lätt kan ta sig igenom. Som tidigare nämnts vägdes sedan kopparna med jämna mellanrum för att registrera viktnedskningen. När denna var relativt stabil kunde ånggenomsläppligheten för de olika proverna beräknas.

3. Studie av materialparametrar

3.1.2 Beräkning och resultat

Som tanken var visade laborationen att både hårdvaxolja och masonit hämmade fukttransporten. Kopparna vägdes varje vardag runt samma tidpunkt och viktminskningen registrerades för att sedan få fram den totala minskningen.

Förundersökningen visade att masonitskivan halverade fukttransporten medan hårdvaxoljan minskade fukttransporten med hela 67 %, detta jämfört med obehandlad råspont. Det var naturligtvis positivt för grundtanken till examensarbetet.

	Råspont, obehandlad		Råspont, obehandlad		Hårdvax		Hårdvax		Masonit		Masonit		
	Burk 1	minskning	Burk 4	minskning	Burk 2	minskning	Burk 6	minskning	Burk 3	minskning	Burk 5	minskning	minskning burk 5
23-feb	352,71		358,19		362,04		340,33		294,34		315,64		
27-feb	349,61	0,775	355,82	0,5925	361,5	0,135	339,7	0,1575	292,88	0,365	314,2	0,36	Delade på 4 dygn
28-feb	348,81	0,8	355,12	0,7	361,29	0,21	339,48	0,22	292,46	0,42	313,77	0,43	
29-feb	347,88	0,93	354,4	0,72	361,06	0,23	339,24	0,24	292,02	0,44	313,32	0,45	
01-mar	347,08	0,8	353,69	0,71	360,82	0,24	339	0,24	291,61	0,41	312,85	0,47	
02-mar	346,22	0,86	352,9	0,79	360,56	0,26	338,71	0,29	291,13	0,48	312,37	0,48	
05-mar	343,7	0,84	350,63	0,75667	359,76	0,26667	337,92	0,26333	289,8	0,44333	310,94	0,47667	Delade på 3 dygn
06-mar	342,9	0,8	349,88	0,75	359,47	0,29	337,63	0,29	289,35	0,45	310,45	0,49	
07-mar	342,1	0,8	349,17	0,71	359,21	0,26	337,36	0,27	288,88	0,47	310,01	0,44	
08-mar	341,2	0,9	348,38	0,79	358,96	0,25	337,08	0,28	288,4	0,48	309,52	0,49	
09-mar	340,37	0,83	347,7	0,68	358,74	0,22	336,83	0,25	287,99	0,41	309,07	0,45	
12-mar	337,8	0,85667	345,58	0,70667	357,96	0,26	336,04	0,26333	286,61	0,46	307,6	0,49	Delade på 3 dygn
13-mar	336,95	0,85	344,86	0,72	357,67	0,29	335,77	0,27	286,17	0,44	307,12	0,48	
14-mar	336,03	0,92	344,07	0,79	357,4	0,27	335,47	0,3	285,67	0,5	306,59	0,53	
16-mar	334,35	0,84	342,64	0,715	356,87	0,265	334,93	0,27	284,75	0,46	305,66	0,465	Delade på 2 dygn
Mängd (kg)	0,01836		0,01555		0,00517		0,0054		0,00959		0,00998		

Figur 3.3 Kopparnas viktminskning

Ånggenomsläppligheten beräknas genom:

$$g = \frac{2 \cdot (v_2 - v_1)}{L} \quad (2 = \text{ånggenomsläpplighet})$$

Där v_1 är ånghalten i koppen, v_2 ånghalten i omgivningen och L är tjockleken på provmaterialet.

Obehandlad spont	Prov1 - $0,86 \cdot 10^6$ m ² /s	Prov2 - $0,729 \cdot 10^6$ m ² /s
Masonit	Prov1 - $0,449 \cdot 10^6$ m ² /s	Prov2 - $0,468 \cdot 10^6$ m ² /s
Hårdvaxbehandlad spont	Prov1 - $0,242 \cdot 10^6$ m ² /s	Prov2 - $0,253 \cdot 10^6$ m ² /s

Tabell 3.1 Ånggenomsläpplighet för diverse provmaterial

För beräkning se bilaga A2.

3.2 Termoträ & mätning av värmekonduktivitet

En laboration med avseende på att kontrollera värmekonduktiviteten för Termoträ med hjälp av en endimensionell stationär värmeeströmning utfördes. Då tillgång till värmeflödesmätare inte var möjligt under denna materialstudie, gjordes mätningarna utifrån kända värden för värmekonduktiviteten (där både referensmaterialet och Termoträ innehar en gällande VIM-märkning).

Kontroll av värmekonduktiviteten utfördes för ett skikt av EPS med hjälp av en referensskiva av EPS, för att sedan kontrollera värmekonduktiviteten på ett skikt av lösullsisoleringen termoträ, mot referensskivan av EPS. Laborationen utfördes med dubbla termoelement för att säkerställa att lösullsisoleringen packas ordentligt.

3.2.1 VIM-märkning

”Stiftelsen Värmeisolermaterialkontrollen (VIM-Kontrollen) har till uppgift att verka för en seriös bedömning och redovisning av värmeisolerande egenskaper genom att erbjuda en frivillig tredjepartscertifiering av värmeisolermaterial.” [www.sp.se]

I bilaga B3 redovisas VIM-märkningen för Termoträ. VIM-märkningen utförs på den deklarerade värmekonduktiviteten, vilket innebär att den ”bygger på statistisk behandling av uppmätta värden och avser torr isolering vid en medeltemperatur av +10 °C.” Isoleringsmaterialen testas utifrån om 1) dess värmekonduktivitet inte förändras över tiden (hygroskopiska och icke hygroskopiska material), samt 2) de isoleringsmaterial som förändras över tiden (där gassammansättningen förändras över tiden, exempelvis cellplast) och de vars tjocklek förändras över tiden (genom sättning).

3.2.2 Utförande

Laborationens syfte var att bestämma värmekonduktiviteten för två material med hjälp av doppvärmare, en balja, termoelement och en referensskiva av EPS. Med hjälp av ett referensmaterial med en känd värmekonduktivitet på referensskiktet utfördes laborationen genom att göra mätningar på i första hand samma material som referensskiktet, och därefter testa termoträs värmekonduktivitet med eventuell felkälla från tidigare mätning. Till laborationen användes doppvärmare, en balja, en mindre ställning, en ram av cellplast (placerades ovanpå ställningen och runt provmaterialet), referensskivan av EPS, en fläkt samt en huv av cellplast som placerades på baljan och ramen.



Figur 3.4 (t v),
referensskivan
placerad ovanpå
ramen av cellplast.

Figur 3.5 (t h), huven
ovanpå ramen av
cellplast.



En ny laboration utfördes därefter med den sedan tidigare kända värmekonduktiviteten som referensskikt. I den del av laborationen där Termoträ testades, användes samma densitet som enligt uppgift lösullsisoleringen sprutas in i väggar, vilket är 48 kg/m^3 . Utifrån en känd volym och densitet räknades provets massa fram. Alla termoelement kontrollerades innan laborationen började.

Termoelementen placerades i dubbel uppsättning under provmaterial, ovanpå provmaterialet samt ovanpå referensskivan. Ett termoelement placerades i vattenbadet för att säkerställa dess temperatur. Doppvärmarna användes för att skapa en temperaturskillnad på ca 20°C över underliggande materialprov. Ytterligare en laboration gällande Termoträ har genomförts, denna gång utifrån provväggens aktuella densitet, vilket var $40,5 \text{ kg/m}^3$.

3.2.3 Beräkningsmetodik

Värmekonduktiviteten fås av ekvation 3.1 nedan och förutsätter endimensionellt stationärt tillstånd.

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{\Delta T} \quad \text{W/(m} \cdot \text{K)} \quad (\text{ekvation 3.1})$$

där q = värmeflödestäthet, W/m^2
 d = provets tjocklek, m
 ΔT = temperaturskillnad över provet, K

$$q = \lambda \cdot \frac{\Delta T}{d} \quad \text{W/m}^2$$

$$\rho = m / V \quad \rho = \text{densiteten, kg/m}^3 \quad m = \text{massan, kg} \quad V = \text{volymen, m}^3$$

Eftersom värmeflödet antas vara lika i prov- och referensskiktet (vid stationära förhållanden) fås att

$$\lambda_{\text{prov}} = \lambda_{\text{ref}} \cdot \frac{d(\text{prov})}{d(\text{ref})} \cdot \frac{\Delta T_{\text{ref}}}{\Delta T_{\text{prov}}} \quad (\text{ekvation 3.2}) \quad [\text{Akander J, 2012}]$$

Beräkningarna för laborationerna är utförda enligt ekvation 3.1, men har i senare skede också kontrollerats genom ekvation 3.2.

3.2.4 Resultat

Laborationens mätningar visade att värmekonduktiviteten för EPS-skivan överensstämde med referensskiktet, det vill säga $\lambda_{\text{PROV 1}} = 0,038 \text{ W/mK}$.

Båda laborationerna för termoträ gav värmekonduktiviteten $\lambda_{\text{PROV 2}} = 0,038 \text{ W/mK}$ och värmekonduktiviteten för termoträ är enligt uppgift $\lambda_{\text{TERMOTRÄ}} = 0,039 \text{ W/mK}$ vilket gav en mindre avvikelse vilket felkällor som noggrannheter gällande provets vikt och höjd kan påverka. Efter samtal med Reidar Berglund på Termoträ (daterat 2012-06-05) har isoleringen värmekonduktiviteten $0,038 \text{ W/mK}$ vid senaste CE-märkningen. För beräkningar se bilaga B1.

4. Provväggen

Ytterväggen i den befintliga byggnaden består av två lager korsliggande råspont, packad lösull, (cellulosafiber) mellan stående reglar med centrumavstånd 60cm och två korsliggande skikt råspont. Då laboratoriets klimat representerade inneklimat fick det innersta skiktet råspont vara avmonterbart då två alternativ till diffusionsspärrar skulle testas. Detta gav alltså att det avmonterbara skiktet mot inomhusluften och laboratoriet i senare skede behandlades med hårdvax.

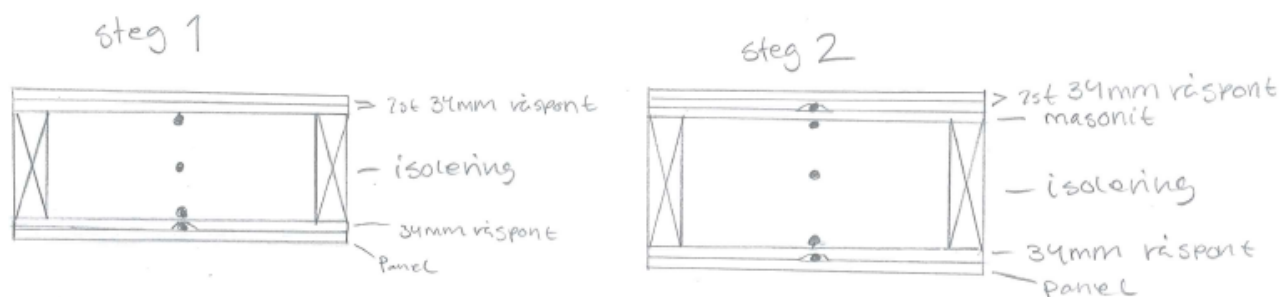


Figur 4.1, provväggen uppmonterad mot klimatskåpet.

Provväggen är 1,0x0.7 m för att passa på högskolans klimatskåp (se bild 4.1) och en extra regel är placerad i provväggen en temperaturkurva skulle tas fram även genom regeln. Detta resulterade i centrumavstånd 50cm för provväggen. Vid montering av råsponten och panel på provväggen tvingades dessa ihop, samt att lin fördelades omsorgsfullt mellan råspontarna. För att förhindra läckage runt om provväggen tätades skarvar och springor med silikon.

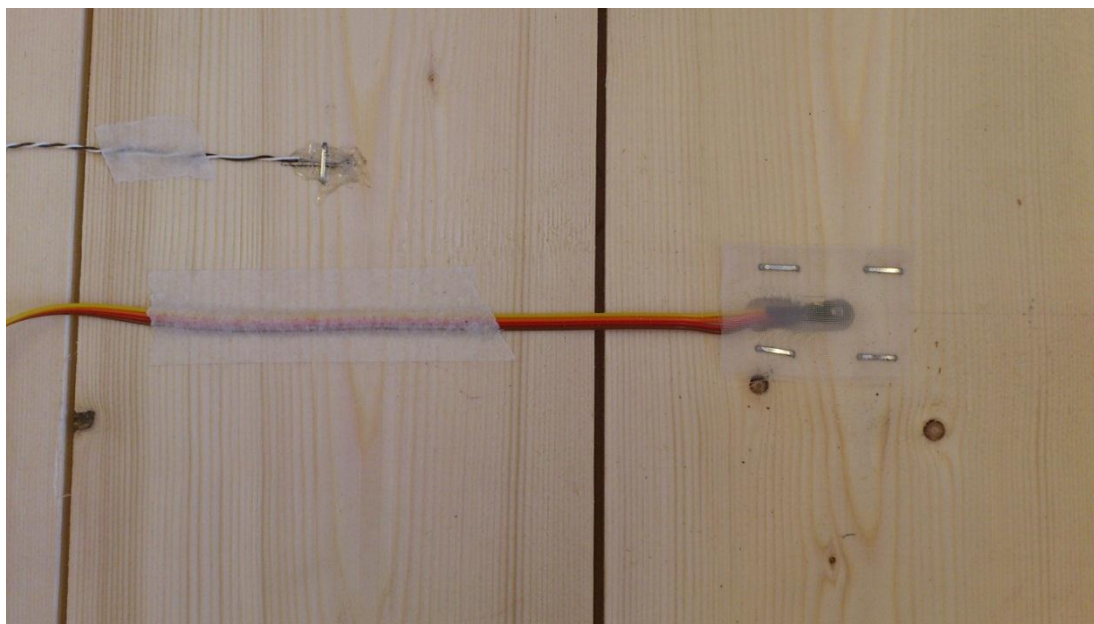
4.1 Placering av givare

4.1.1 Fuktgivare och termoelement



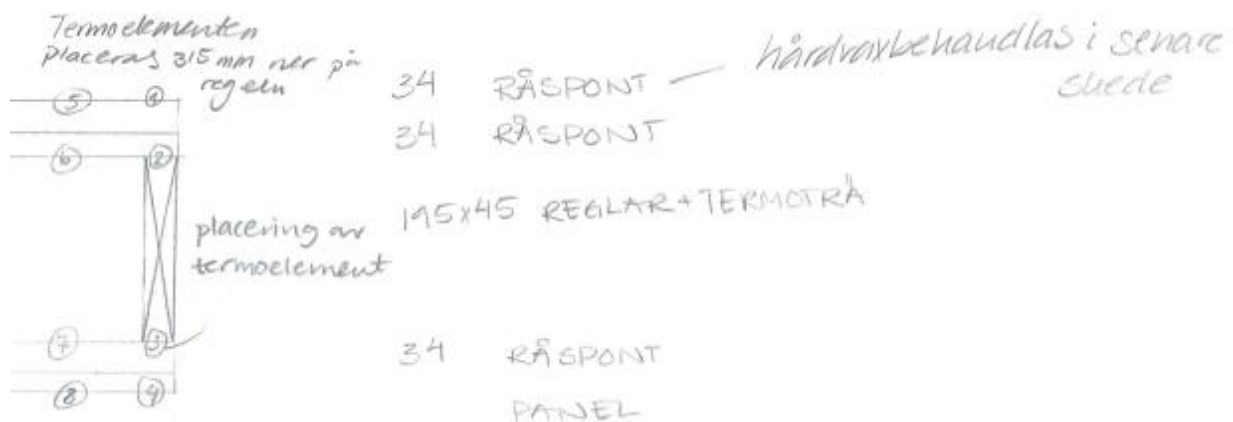
Figur 4.2 (ovan), placering av fuktgivare.

Fuktgivarna är från Honeywells HIH-4000 Series, varje givare har en givarkonstant som registreras i programmet på datorn som är kopplat till en datalogger. Givarkonstanten gör att programmet och diagrammen direkt visar mätvärdena i RF (%). Spegelsensorn i givaren är känslig för smuts och dylikt men placeras givaren i något som skyddar mot detta är det sedan bara att placera/hänga givaren där mätvärden behövs, se figur 4.3.



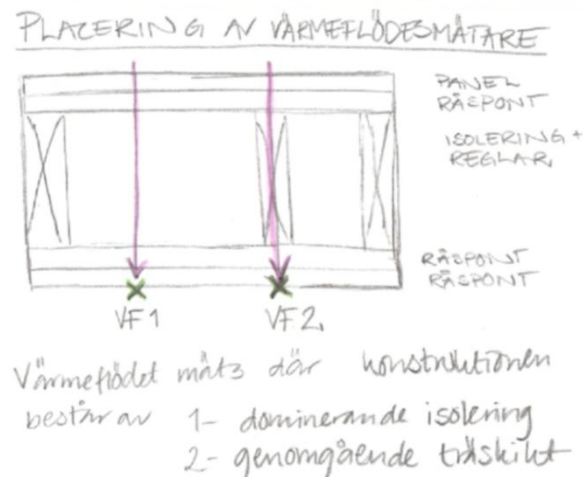
Figur 4.3 Fuktgivare med tillhörande termoelement

Termoelement fungerar så att temperatur ges genom termoelektrisk spänning från två ledare i olika material. I testerna användes typ T, standard. Dessa är inte lika känsliga som fuktgivare och kan i princip placeras utan vidare där man vill mäta temperatur.



Figur 4.4, skiss över termoelementens placering för värmeprofilen.

Tillgången av värme flödesmätare kom efter ungefär halva laborationstiden och har därför bara använts de senare testerna.



Figur 4.5, värme flödesmätarnas placering.

4.2 Laborationsgenomförande

4.2.1 Fukt- respektive värmeanalyser

Provväggen var placerad mot klimatskåpet i 12 veckor, under tiden loggades termoelementen och fuktgivarna. För att säkerställa att provväggen håller sig kvar på sin ursprungliga position placerades ett spännband runt hela skåpet samt att stödben monterades. Beslag monterades i efterhand på väggen för att underlätta bortmonteringen av den yttersta sponten (från insidan av väggen sett), då både en masonitskiva men senare även en PE-folie monterades på och av, innanför skiktet. PE-folien monterades mellan råspontarna för att inte behöva spruta in isoleringen på nytt.

I konstruktionen placerades termoelement, fuktgivare och värmeflödesmätare enligt skisser i kapitlet 4.1 med avseende att mäta en fuktprofil, temperaturkartläggning samt uppmätning av värmeflödet. Samtliga mätningar i klimatskåpet gjordes i följande ordning

- 1 Med obehandlad råspont
- 2 Obehandlad råspont med masonitskiva
- 3 Obehandlad råspont med masonitskiva och PE-folie
- 4 Hårdvaxbehandlad råspont med masonitskiva och PE-folie
- 5 Hårdvaxbehandlad råspont
- 6 Hårdvaxbehandlad råspont med springor i den spontade väggen och flertalet spikar

Provväggen var monterad mot klimatskåpet under ca två veckor för att acklimatiseras innan mätningarna påbörjades. Efter varje konstruktionsförändring har väggen fått möjlighet att stabilisera sig under några dygn, loggningen har pågått under hela tidsförloppet (bortsett från omgångar av datahanteringsproblem mot arbetets slut).

Laborationerna med avseende på fuktens påverkan testas genom att låta provväggen stabilisera sig mot klimatskåpet under en längre tid, och då logga mätvärden för den relativa fuktigheten samt temperaturen i, samt mellan olika konstruktionsdelar (se figur 4.3). Laborationerna med avseende på lufttäthetens inverkan testas i omgångar mellan att någon förändring har gjorts på provväggen, men provväggen har ändå fått tid att acklimatiseras innan mätningarna för att få relevanta värden. För mätningarna rörande värmeanalysen har termoelement och värmeflödesmätare använts. För placering av dessa se figur 4.3 samt 4.4. För att veta om provväggen hade acklimatiserat sig mellan olika mätomgångar, kontrollerades att givarnas mätvärden varit stabila med hjälp av programmet Temp Humidity. Detta program användes för att logga de uppmätta mätvärdena.

Det finns, som tidigare nämnts, dubbla omgångar med termoelement i konstruktionen då ena omgången är placerad i direkt närhet till fuktgivarna och tillhör dessa mätningar medan den andra omgången termoelement utgör en del i en värmeanalys av konstruktionen. Fukthalterna för konstruktionen redovisas i kapitel 4.3.1, temperaturerna och värmeflödet redovisas i avsnitt 4.3.2 samt lufttäthetsmätningarna redovisas i kapitel 4.3.3.

4.2.2 Lufttäthetsmätningar

Lufttäthetsmätningar har genomförts då provväggen varit monterad mot klimatskåpet, och utfördes enligt ordningen i kap 4.2.1 bortsett från mätning nr 2.

En varvstyrd fläkt kopplades till en strypfläns och till ett av klimatskåpets två ingångar för att trycksätta skåpet. Alla genomföringar tätades med klämmor på ventilationsslangarna samt ventilationstejp och silvertejp för att uppnå så hög täthet som möjligt.



Figur 4.5, tätning av klimatskåpets ena ingång. Silikonslangen tillsammans med en tryckmätare användes för att mäta upp tryckskillnaden i klimatskåpet. Hålet i plastfolien gjordes mindre än silikonslangen för att minimera luftläckage runt slangen.

Till klimatskåpets andra ingång placerades en silikonslang som hölls på plats med en utskuren EPS-skiva, hålet tätades med en bit plastfolie och ventilationstejp. Silikonslangen kopplades till en tryckmätare (SwemaMan 80) för att kontrollera trycket i skåpet. Efter att ha uppnått det efterfrågade trycket i klimatskåpet förflyttades tryckmätaren till de silikonslangar som placerats till strypflänsarna för att avläsa dess tryckskillnad (Pa). Tryckskillnaden räknades sedan om till luftflödet (l/s) genom en dataekvation framtagen av Claes Blomqvist (Högskolan i Gävle) där rördiametern, håldiametern, lufttrycket, temperaturen (termoelementets uppmätta temperatur för inomhusklimatet) och tryckskillnaden lades in. Slangen som var placerad i skåpet tätades med tejp under de tillfällen tryckmätaren var kopplad till strypflänsarna.

Skåpet var trycksatt i 10 minuter vid varje körning innan tryckskillnaden avlästes och provväggen termograferades. Blöta fingrar och en rökpenna användes för att kontrollera eventuellt luftläckage som komplement till termograferingen för att identifiera eventuella luftströmningar genom konstruktionen. Detta då temperaturskillnaden mellan isoleringen och inomhusklimatet var för låg för att använda IR-kamera. Klimatskåpets egna fläktar var stoppade under mätningarna för att inte störa provtryckningarna.

Ett antagande om att klimatskåpet inte var riktigt tätt utgjorde att klimatskåpet provtrycktes utan konstruktionen för att eliminera klimatskåpets läckage från det uppmätta luftflödet.

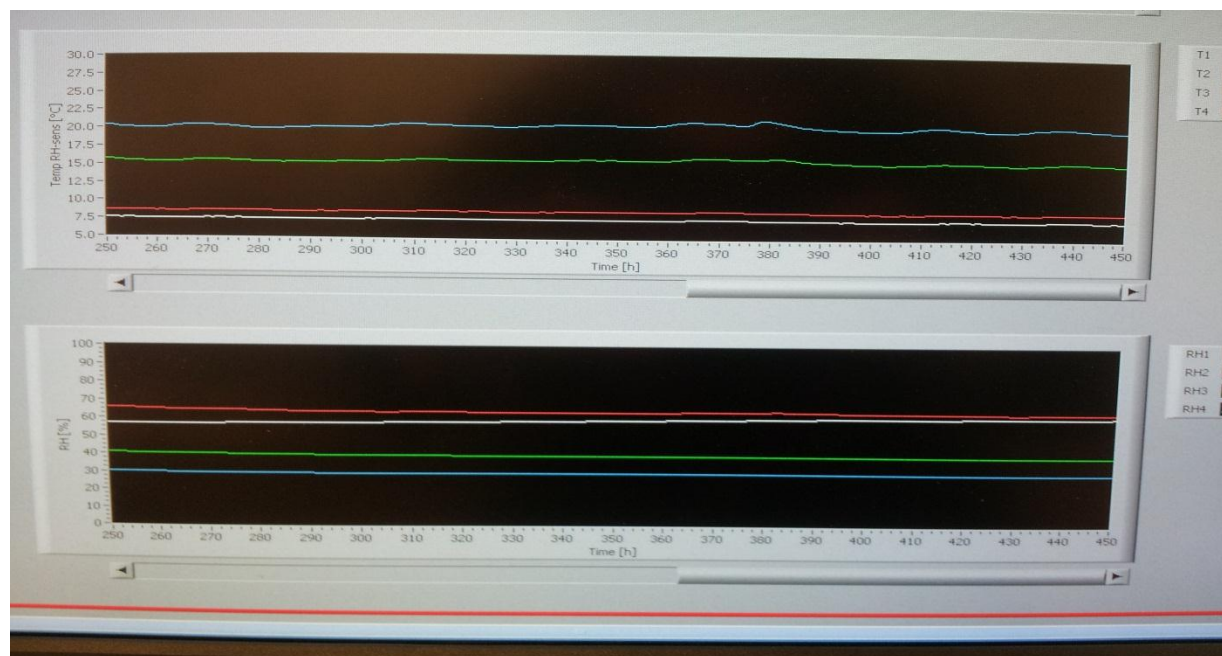
4.3 Resultat av provväggens mätningar

4.3.1 Fukt

Provväggen placerades på skåpet obehandlad, ingen fuktspärr eller ytbehandling, för att sedan testas med plastfolie, masonitskiva och hårdvax mellan de två råspontskikten mot inneklimatet i labbet. Fuktspärren fick stå mellan 4 dygn och en vecka medan en logger mätte med ett 60 minuters intervall. Det bör nämnas att anledningen till att alla mätintervall inte fick stå en vecka är att datorn inte fungerade som den skulle och hängde sig då och då.

Programmet på datorn, där en logger registrerade mätvärden från provväggen, visade även kurvor vars värden inte kunde lagras. Innan problematiken kunde dessa kurvor avläsas för att få en uppfattning om provväggen stabiliserat sig.

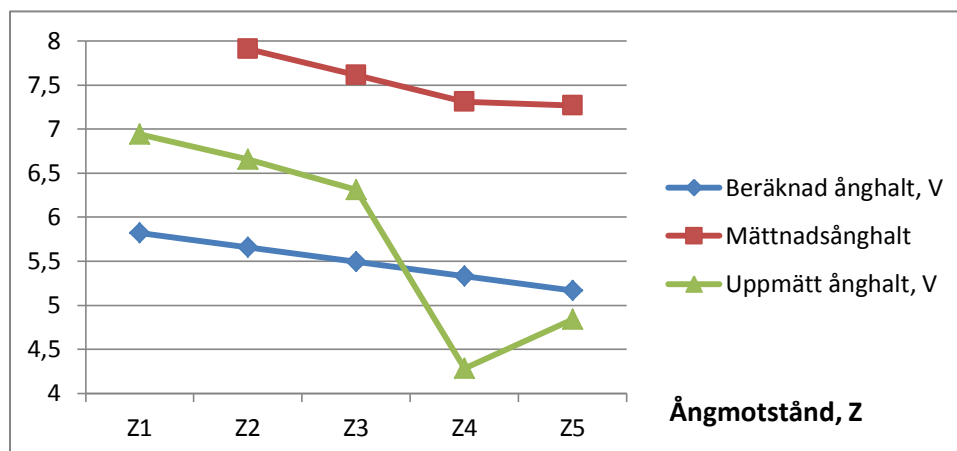
I de två första mätningarna med obehandlad provvägg och med masonit som spärr användes fyra fuktgivare. En femte givare placerades sedan mellan råspontskikten mot inneklimatet under de resterande mätningarna.



Figur 4.6, kurvor från programmet Temp humidity på datorn.

4.3.1.1 Beräkningar, obehandlad provbit

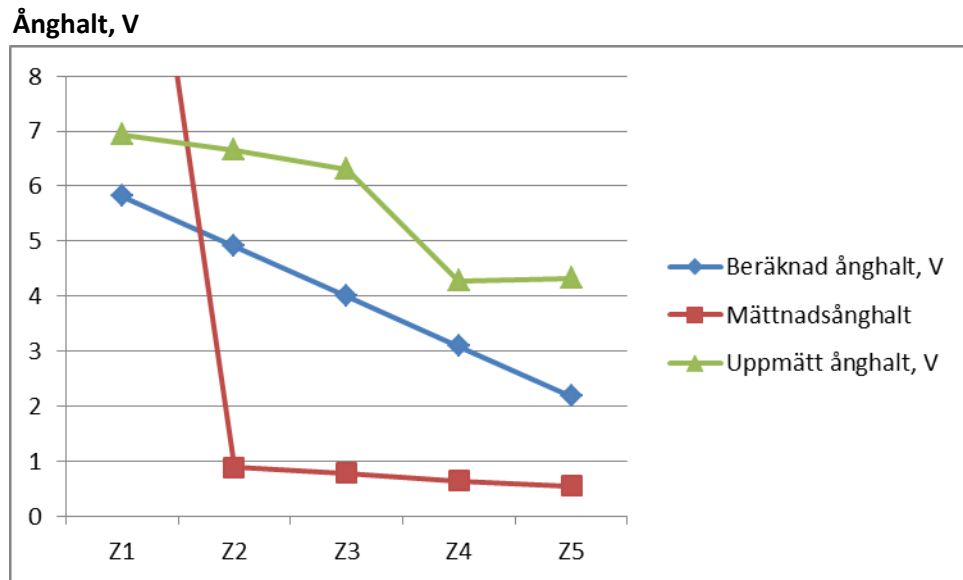
Ånghalt, V



Figur 4.7 Diagram över beräknad ånghalt, uppmätt ånghalt och mättnadsånghalt. Ur denna figur kan det konstateras att provväggen antagligen hade behövt stabilisera sig ytterligare. Tanken är att den beräknade ånghalten samt den uppmätta ska vara så gott som lika och det är de ju inte i detta fall. För beräkning med Glasermetoden se bilaga A3.

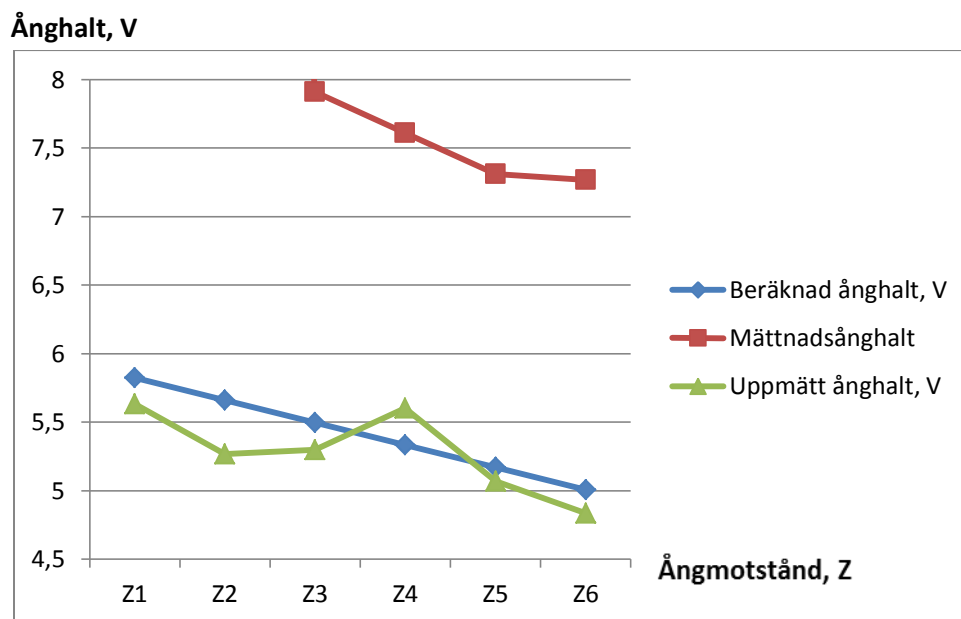
Medelvärde från mätningar

	Temp [°C]	RF [%]
Givare i uteklimat	6.2	66.6
Givare mellan råspont	8.3	51.1
Givare mellan råspont och isolering	9.7	68.4
Givare i isolering	17.1	45.7
Givare mellan råspont och isolering	21.7	36.4



Figur 4.8 Visar kurvorna för dimensionerande utetemperaturen, **DVUT**, för Hudiksvall som ligger runt - 24 °C. I detta fall kan det konstateras att provbiten inte klarar att hålla sig utanför riskzonen för kondens i skikten då mättnadsånghalten snabbt stiger under ånghalten i de fyra skikten från utsidan. För beräkning med Glasermetoden se bilaga A3.

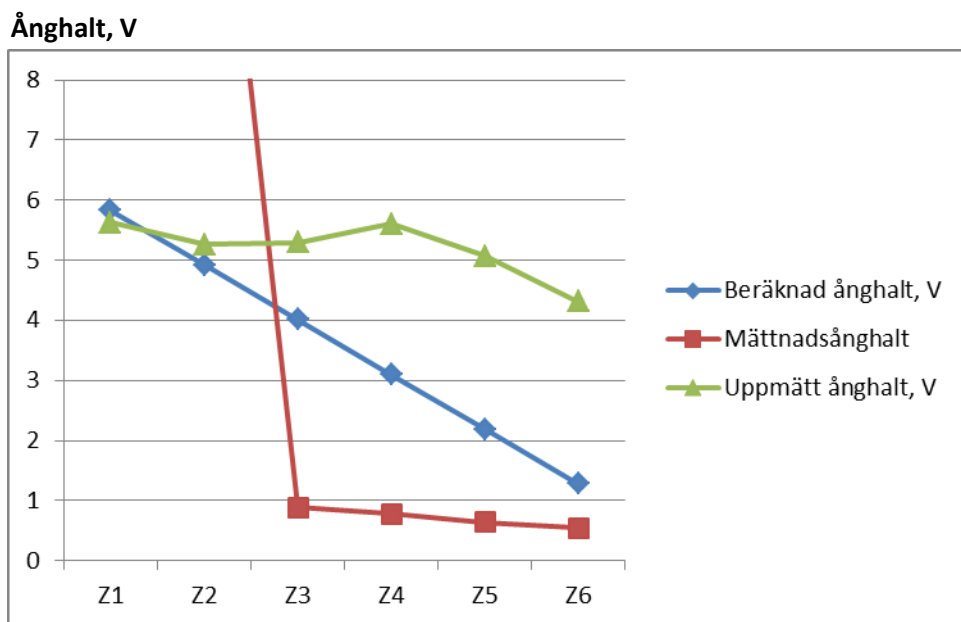
4.3.1.2 Beräkningar, Provbit med plastfolie



Figur 4.9, Diagram över beräknad ånghalt, uppmätt ånghalt och mättnadsånghalt. Detta diagram visar att beräkningen och mätningarna stämmer relativt bra. Provväggen har stabiliserats tillräckligt för att det går att urskilja likheterna i fördelningen. För beräkning med Glasermetoden se bilaga A3.

Medelvärde från mätningar

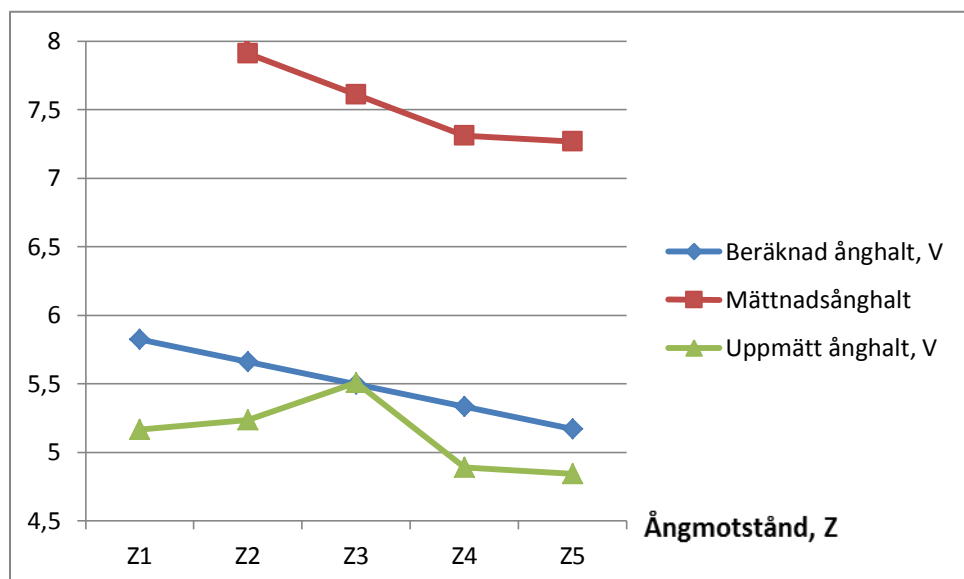
	Temp [°C]	RF [%]
Givare i uteklimat	6.2	66.5
Givare mellan råspont	7.6	62.8
Givare mellan råspont och isolering	8.7	64.7
Givare i isolering	15.9	39.1
Givare mellan råspont och isolering	21.1	28.6
Givare mellan råspont	21.9	29.2



Figur 4.10 Visar kurvorna för dimensionerande utetemperaturen, **DVUT**, för Hudiksvall som ligger runt - 24 °C. För den provväggen med plastfolie kan det konstateras att mättnadsånghalten tydligt stiger under ånghalten och risk för kondens finns i de 4 skikten från utsidan. För beräkning med Glasermetoden se bilaga A3.

4.3.1.3 Beräkningar, Provbit med masonit

Ånghalt, V

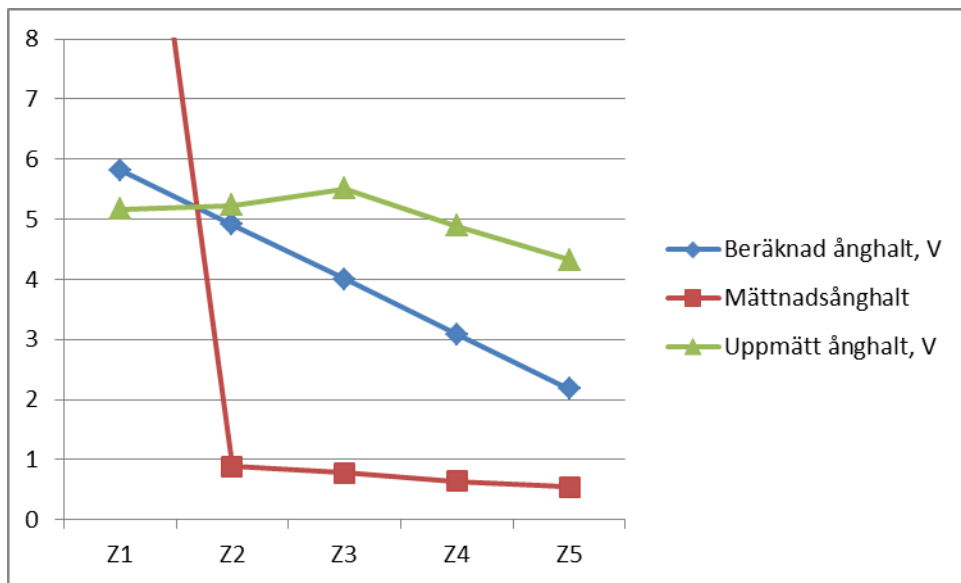


Figur 4.11 Diagram över beräknad ånghalt, uppmätt ånghalt och mättnadsånghalt. Diagrammet visar tendenser till liknelser mellan beräknad och uppmätt ånghalt. Hade provväggen haft möjlighet att stabilisera sig något längre hade kurvorna förmodligen närmats sig varandra ytterligare. För beräkning med Glasermetoden se bilaga A3.

Medelvärde från mätningar

	Temp [°C]	RF [%]
Givare i uteklimat	6.2	66.6
Givare mellan råspont	7.6	60.6
Givare mellan råspont och isolering	8.7	63.6
Givare i isolering	15.7	39.1
Givare mellan råspont och isolering	20.4	29.2

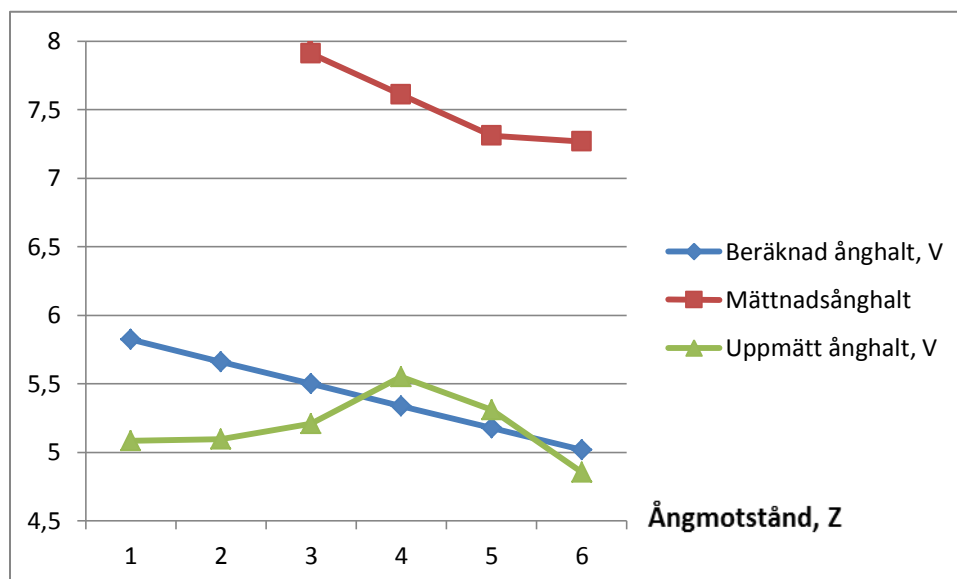
Ånghalt, V



Figur 4.12 Visar kurvorna för dimensionerande utetemperaturen, **DVUT**, för Hudiksvall som ligger runt - 24 °C. När det gäller provväggen med masonit är det som i de tidigare fallen tydligt att de snabbt blir risk för kondens i de fyra skikten från utsidan. För beräkning med Glasermetoden se bilaga A3.

4.3.1.4 Beräkningar, Provbit med hårdvax

Ånghalt, V

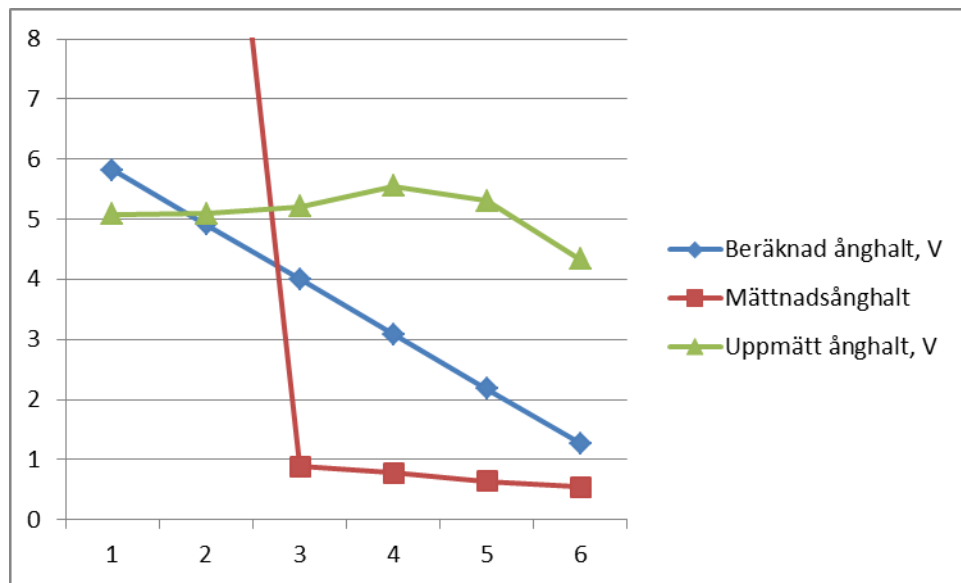


Figur 4.13 Diagram över Beräknad ånghalt, uppmätt ånghalt och mättnadsånghalt. Diagrammet visar att den uppmätta ånghalten börjat placera sig inom samma intervall som den beräknade. Även i detta fall är det antagligen tiden som resulterat i ett avvikande resultat. För beräkning med Glasermetoden se bilaga A3.

Medelvärde från mätningar

	Temp [°C]	RF [%]
Givare i uteklimat	6.2	66.8
Givare mellan råspont	7.4	66.7
Givare mellan råspont och isolering	8.4	65.5
Givare i isolering	15.2	40.1
Givare mellan råspont och isolering	20	29.5
Givare mellan råspont	20.6	28.4

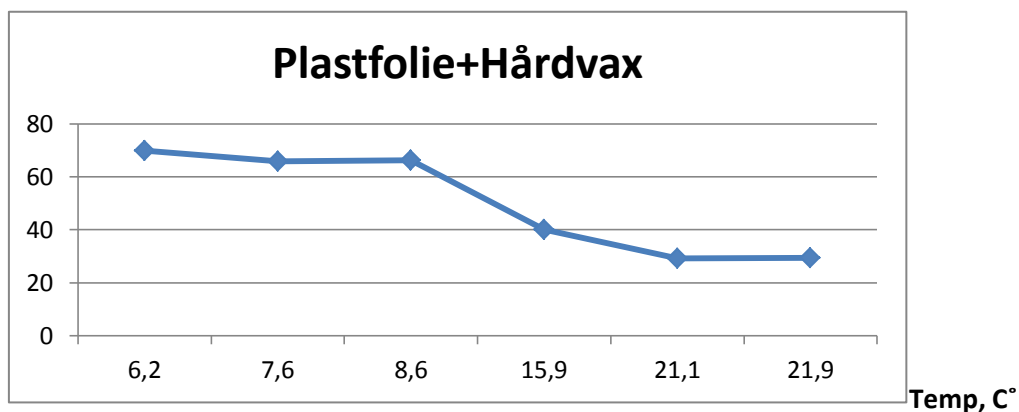
Ånghalt, V



Figur 4.14 Visar kurvorna för dimensionerande utetemperaturen, **DVUT**, för Hudiksvall som ligger runt - 24°C. För den provväggen med hårdvax kan det konstateras att som i alla fyra fallen klarade inte provväggen sig från risken för kondens i de fyra skikten från utsidan. För beräkning med Glasermetoden se bilaga A3.

4.3.1.5 Beräkningar med plastfolie och hårdvax

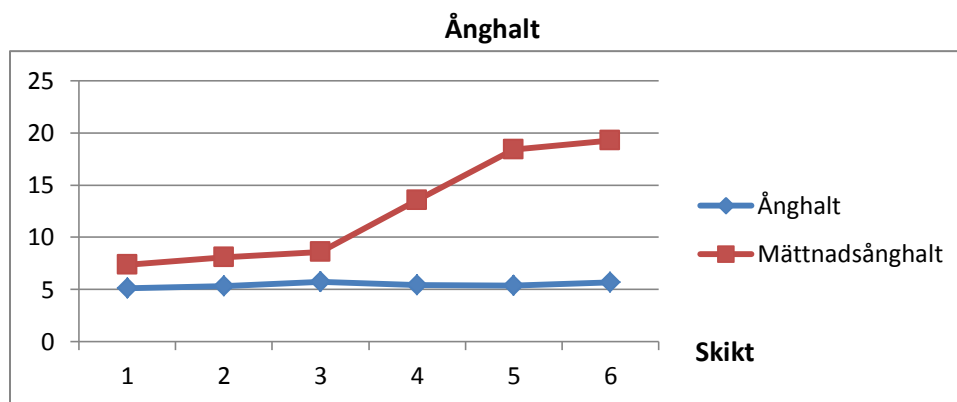
RF, %



Figur 4.15 Fuktfördelning i provbit med plastfolie+hårdvax. Diagrammet visar att kritiska RF, 70 %, inte uppnås.

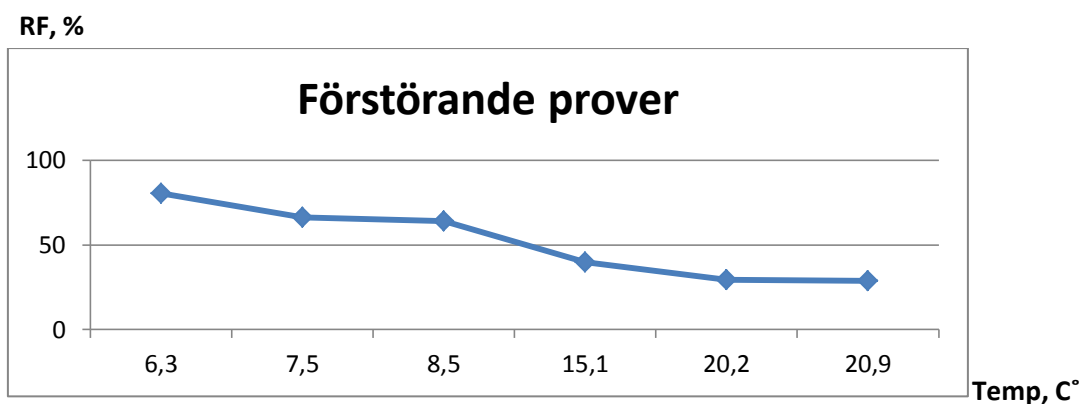
Medelvärde från mätningar

	Temp [°C]	RF [%]
Givare i uteklimat	6.2	69.8
Givare mellan råspont	7.6	65.9
Givare mellan råspont och isolering	8.6	66.3
Givare i isolering	15.9	40
Givare mellan råspont och isolering	21.1	29.2
Givare mellan råspont	21.9	29.3



Figur 4.16 Fördelning ånghalt/mättnadsånghalt. Diagrammet visar att det inte finns någon kondensutfällning i skikten.

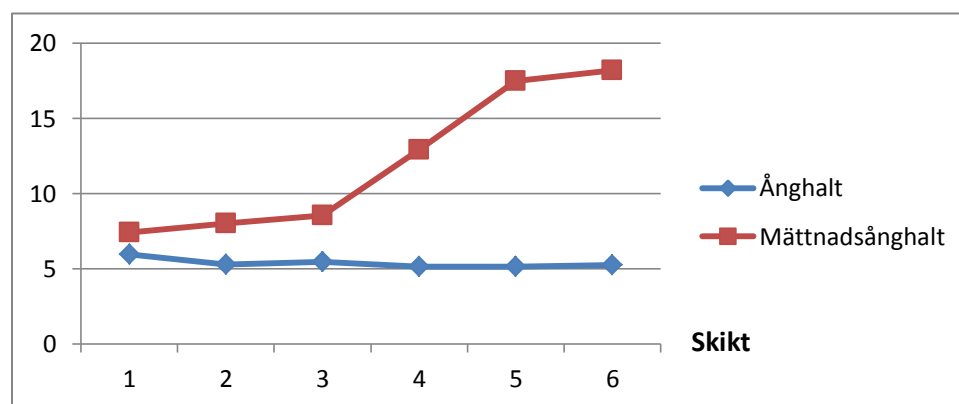
4.3.1.6 Beräkningar med förstörande prover



Figur 4.17 Fuktfordelning i provbit med förstörande prover. Diagrammet visar att vid förstörande prover uppnås kritiska RF, 70 %. Detta betyder att det finns måttlig risk för mikrobiellt angrepp mot uteklimatet.

Medelvärde från mätningar

	Temp [°C]	RF [%]
Givare i uteklimat	6.3	80.3
Givare mellan råspont	7.5	66.2
Givare mellan råspont och isolering	8.5	64
Givare i isolering	15.1	39.9
Givare mellan råspont och isolering	20.2	29.4
Givare mellan råspont	20.9	28.9

Ånghalt

Figur 4.18 Fördelning ånghalt/mättnadsånghalt. Diagrammet visar att det inte finns någon kondensutfällning i skikten.

4.3.2 Värme och värmeflöde

Åtta termoelement placerades i konstruktionen enligt figur 4.3 för att mäta upp temperaturskillnader över skikten vid olika tätskikt. Värmeflödesmätare av märket Hukseflux (se bilaga B6) monterades på provväggen för att, som namnet förklarar, mäta värmeflödet genom konstruktionen. Området under flödesmätarna slipades till en jämn yta och en värmeledande kräm fördelades över baksidan av värmeflödesmätarna. Dessa givare loggades precis som fuktgivarna och termoelementen för att mäta upp den spänning som är proportionellt mot värmeflödet som strömmar igenom provväggen (se figur 3.3 för termoelementens placering i provväggen). Spänningen tillsammans med mätarens konstant ger värmeflödet.

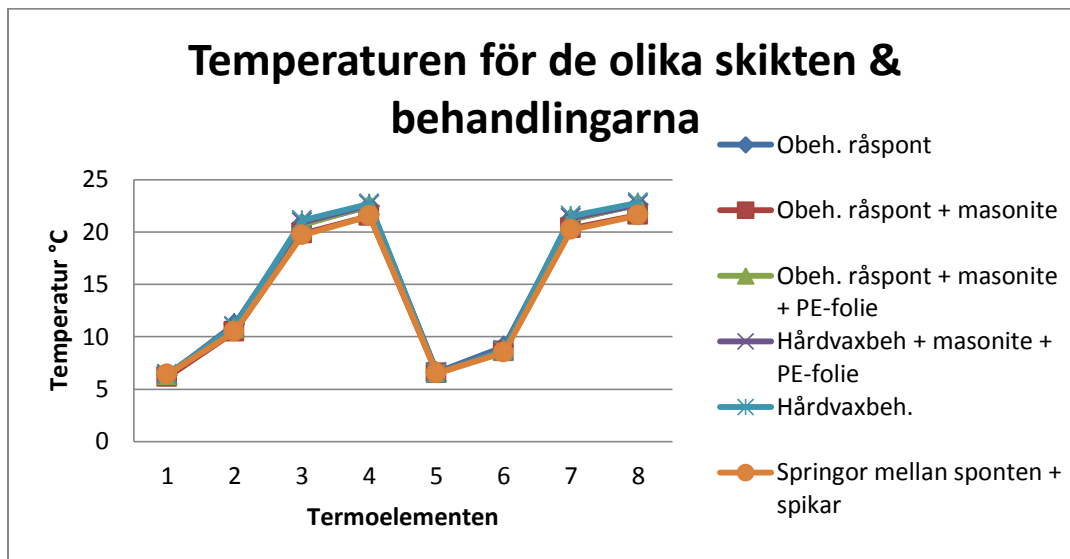
Hela konstruktionen beräknades som ett skikt då mätarna ger flödet genom hela konstruktionen och inte flödet för varje skikt i sig, dvs. efter principen stationär endimensionell värmeströmning.



Figur 4.19, Värmeflödesmätarna placerade på provväggen.

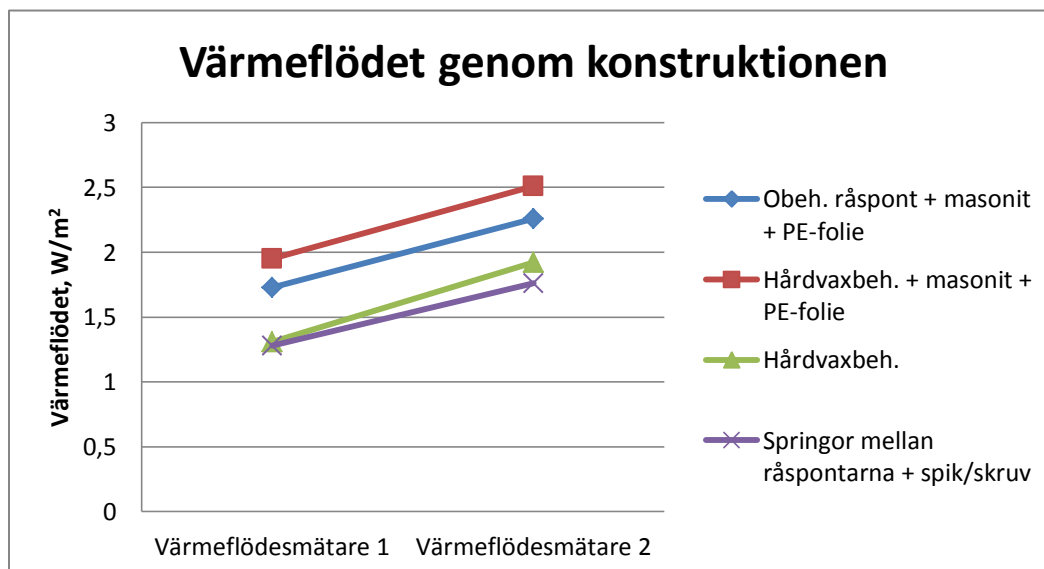
4.3.2.1 Resultat

Medeltemperaturen visar temperaturen som är avläst vid midnatt - för att få en så liten inverkan av utomhustemperaturen, solinstrålning och tryckprovningar i klimatskåpet som påverkar resultatet, och finns i bilaga B9. Dagtid är temperaturen minst 22°C då det inte varit onormalt soligt ute, under övriga timmar är temperaturen närmare 21,5°C.



Figur 4.20, Temperaturen för provväggens olika skikt och placeringar. Givare nummer 2 och 3 är i direkt kontakt med en regel, och givare nummer 6 och 7 är placerade i direkt kontakt med isoleringen, placerade på insidan av råsponten. Inomhustemperaturen fås fram genom termoelementens placering i direktkontakt med inomhusmiljön.

Utomhustemperaturen har varit väldigt varierande under tiden provningarna har pågått, och vi kan också ses i grafen att detta troligt har påverkat inomhusklimatet i form av varierande solinstrålning. Laborationssalen har haft en ljus rullgardin nerdragen under dygnets alla timmar. Den lägre inomhustemperaturen hittas igen på mätningen för obehandlad råspont med en masonitskiva samt då springor har skapats mellan skikten av råspont. Eventuella felkällor i mätningarna ger troligt också inverkan på resultatet. Vid laborationerna med plastfolien satt denna monterad med 25-30 cm omlottsskarvning vid ytterkanterna. Vid värmeflödets sista test satt värmeflödesmätarna placerad över råsponten, precis som tidigare.



Figur 4.21, värmeflödet genom konstruktionen vid olika tätskikt.

I mätningarna syns överlag högre värmeflöden på eftermiddagarna (mellan klockan 14-19). Värmeflödet har under mätningarna varierat mellan $-0,7$ till $4,7 \text{ W/m}^2$, där utomhustemperaturen, solinstrålning och tryckprovningar i klimatskåpet påverkar resultatet. Det har varit problematiskt att tolka dessa värden åt då inget direkt sammanhängande mönster hittades i de varierade värdena, men då konstruktionen både töms och lagras på energi ger detta varierande värden sett över dygnet. Spänningen från värmeflödesmätaren mäts och divideras med den enskilde värmeflödesmätarens konstant.

Figur 4.18 visar medelvärden över konstruktionens uppmätta värmeflöden. Då tillgången på värmeflödesmätare inte fanns vid arbetets start kopplades dessa till i ett senare skede, vilket gjorde att endast de senare körningarna kan jämföras åt för värmeflödets räkning. Till värmeflödesmätarna användes en tandkrämsliknande kräm med värmeöverförande egenskaper som fördelades över värmeflödesmätarnas baksida.

Som ett sista test monterades de hårdvaxbehandlade råspontarna ner för att sättas upp med 1cm mellanrum mellan råsponten denna gång, för att efterlikna de springor (beroende av att råsponten torkat efter byggskedet) som fanns i den befintliga lägenheten i Hudiksvall. Till samma mätomgång för flödesmätningarna och givarnas loggar spikades även 4 spikar in i konstruktionen för att symbolisera att en hylla eller liknande hade monterats upp på väggen.

λ -värden:

- termoträ - $0,038 \text{ W/mK}$ (förundersökning)

U-värden:

- Vägg: $0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Befintlig byggnad, Hudiksvall)
- Provvägg (se tabell nedan för de olika fallen)

Genomsnitt, värme flöde & U-värde	Obeh. + masonit + PE	Hårdvaxbeh. Råspont + masonit + PE	Hårdvaxbeh. Råspont	Hårdvaxbeh. Råspont + springor + spik
VF 1 (W/m^2)	1,73	1,95	1,31	1,28
VF 2 (W/m^2)	2,26	2,51	1,90	1,76
VF 1 ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,105	0,118	0,084	0,084
VF 2 ($\text{W/m}^2\text{K}$)	0,137	0,151	0,121	0,115
$U_{medel} (\text{W/m}^2\text{K})$	0,078	0,087	0,064	0,063

Figur 4.22, Värme flöde och U-värde för provväggen.

Det kan tilläggas att för beräkning av U-värdet från värme flödet av konstruktionen har beräkningen utförts som om det vore ett skikt och inte flera, då flödet är givet. Det vill säga att beräkningarna är utförda enligt principen för stationär endimensionell värmetransport. U_{medel} -värdet är beräknat utifrån provväggens area ($0,7\text{m}^2$) och där isoleringsytan i provväggen är $0,565\text{m}^2$ och reglarnas yta är $0,135 \text{ m}^2$, dvs. genom en areaviktning. Beräkning av U-värdet hittas i bilaga B9.

4.3.3 Lufttäthet

4.3.3.1 Resultat för lufttäthetsmätningarna

Lufttäthetsmätningar genomfördes till en början med både undertryck och övertryck i klimatskåpet. Till de två sista testen användes dock bara övertrycksmätningar, vilkas resultat har granskats och senare jämförts med Blowerdoor-metoden som användes på den befintliga byggnaden.

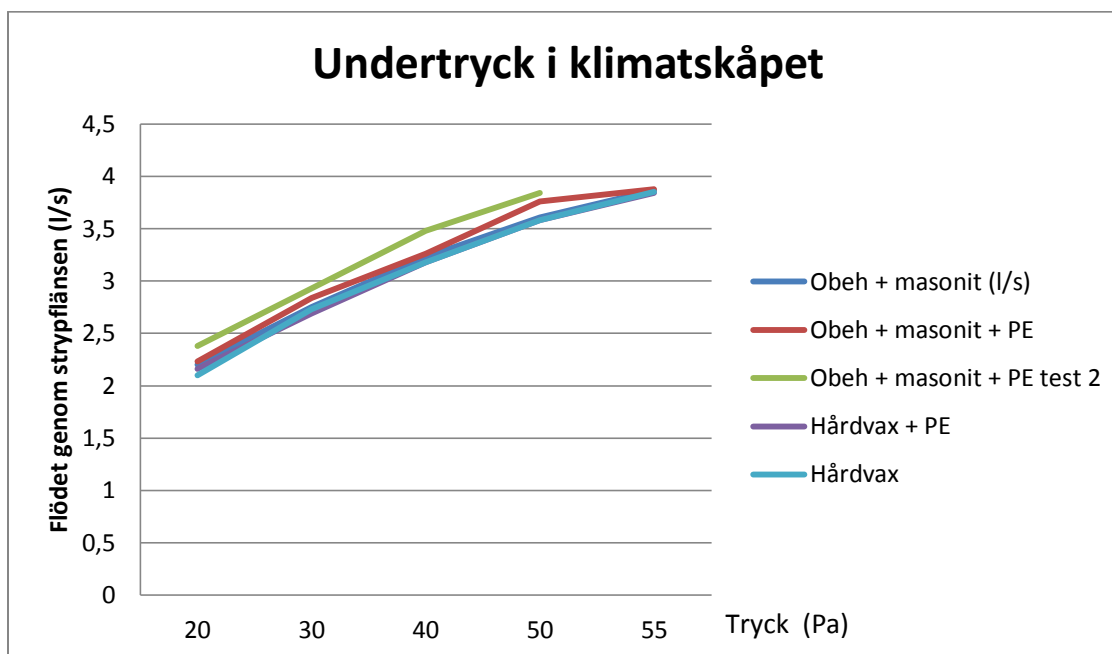
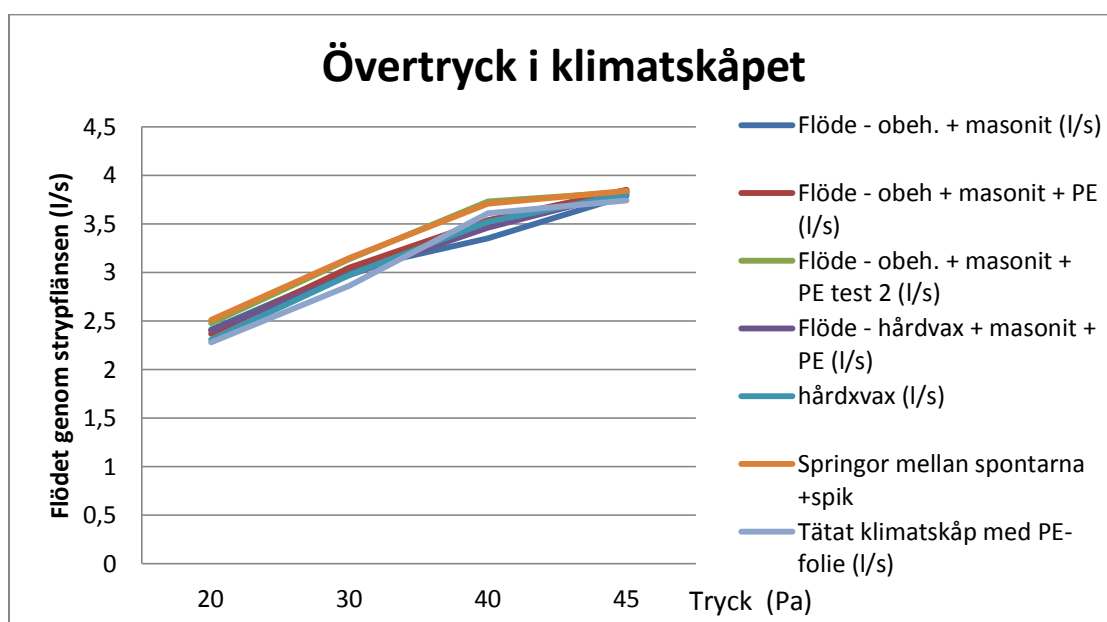
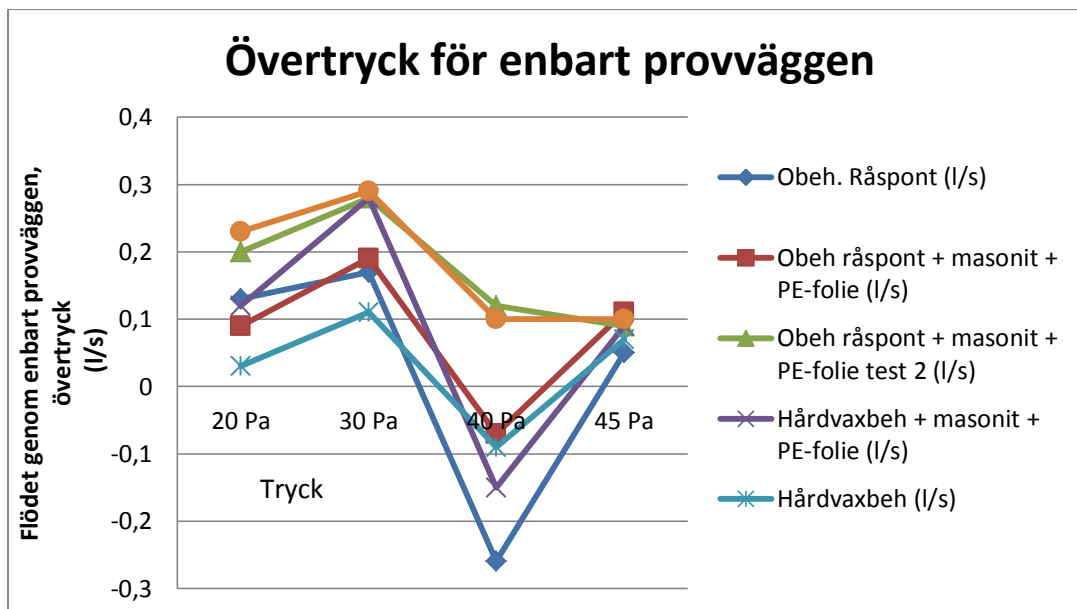


Bild 4.23. Undertryckskurvor från klimatskåpet vid mätning av lufttätheten för provväggen och dess olika tätskikt.



Figur 4.24, övertryckskurvor till klimatskåpet vid mätning av lufttätheten för provväggen och dess olika tätskikt.

Omfattningen av provtryckningarna begränsades av fläktens kapacitet där övertrycket uppgick endast till 45 Pa medan undertrycket uppgick till 55 Pa.



Figur 4.26, Den felmarginal som de tidigare mätningarna (figur 4.23) fått togs bort och provväggens aktuella flöden räknades fram. Vid jämförelse med en Blowerdoor-kurva anses dessa uppmätta mätvärden inte avspegla verkligheten.

	Obehandlad råspont	Obeh + mas + PE	Obeh + mas + PE (test 2)	Hårdvaxbeh + mas + PE	Hårdvax	Hårdvax & springor
Flöde (l/s)	0,05	0,11	0,09	0,09	0,07	0,10
Luftläckage (l/sm ²)	0,071	0,157	0,129	0,129	0,100	0,143

Figur 4.27, Luftläckaget genom provväggen tillhörande figur 4.22 och 50Pa övertryck.

Indata till ekvationen för att beräkna flödet över strypflänsarna till lufttäthetsmätningarna.

Rördiameter: 25 mm

Håldiameter: 12,5 mm

Lufttryck: 998 mb (19 april), 1013 mb (20 april)

Temperatur: 22 grader

Då termograferingen inte gav något konkret resultat under tryckprovningen (temperaturskillnaden mellan isoleringen/insidan sponten och utsidan av yttersta sponten var 2 grader, vilket inte är tillräckligt för att se något med hjälp av värmekameran) testades att hålla blöta fingrar strax ovanför provväggen, samt senare även en rökpena för att identifiera om någon luftströmning fanns genom konstruktionen. Test för att efterlikna de springor (beroende av att råsponten torkat efter byggskedet) som fanns i den befintliga lägenheten i Hudiksvall har genomförts genom att montera isär råspontarna. Till samma mätomgång för flödesmätningarna och givarnas loggar spikades även 4 spikar in i konstruktionen för att symbolisera att en hylla eller liknande hade monterats upp på väggen, vilket motsvarar testerna märkta hårdvax & springor alternativt springor mellan råsponten.

5. Befintlig lägenhet i Hudiksvall

5.1 Energikartläggning

Energikartläggningen är upplagd som en energideklaration och har genomförts på en av de befintliga lägenheterna (vilket ska motsvara en brandcell) i Hudiksvall. Kravet för att få upprätta en energideklaration är att vara en godkänd energiexpert, vilket ingen av oss studenter är, och därför ska det poängteras att en energideklaration bara ska efterliknas och gäller därmed inte som en giltig energideklaration.

Energikartläggningen utfördes i BV² genom U-värdes simuleringar av provväggens testade tätskikt och applicerades till konstruktionens övriga beräknade U-värden tillsammans med varmvattenanvändning och ventilationsförluster. Med hjälp av programmet beräknades den specifika energianvändningen som sedan jämförs med byggnadens uppmätta energianvändning. Se bilaga B4 för indata till BV².

Lägenheten som energikartläggningen utfördes för samt provtrycktes för lufttäthetsmätningen, är i två plan med bostadsarean 84m² och den omslutande arean 241m². Den befintliga lägenheten har ett självdragssystem med mekaniska fläktar i varsitt badrum (totalt två badrum). Vid platsbesök konstaterades att ventilationen var undermålig då fläktarna hade ett kallrasskydd monterat och grundflödet var 0 l/s. Fläktarnas drift reducerades av strömbrytaren och hade ingen eftergång eller fuktstyrning.

Fönstren har ett U-värde på 1,1 W/m²K, väggen på 0,162 W/m²K, taket på 0,067 W/m²K samt grunden på 0,068 W/m²K (beräknade värden med hjälp av BV²). Fjärrvärmeförbrukningen i den befintliga lägenheten beräknas till 6500 kWh/år (inklusive uppvärmning för varmvatten), vilket ger 77,4 kWh/(m² år) efter lägenhetsarean 84m². Energianvändningen simuleras efter provväggens framtagna U-värden vilket ska jämföras med den nuvarande energianvändningen.

5.1.2 Specifik energianvändning efter simulering i BV²

Programvaran BV² med 2010-års version är ett energiberäkningsprogram. I programmet matas in konstruktionsdelarnas ytor och U-värden, fönstrens solinstrålning, ventilationsflöden, byggnadens yta och antal våningsplan samt förbrukning av energi-, vatten- och fastighetsel. Den fastighetsel som tillhör lägenheten är inte inräknad då denna enligt uppgift endast består av lampan utanför entrén vars energiförbrukning inte har uppskattats, detta då lampan tänds vid förbipasseranden. Cirkulationspump för golvvärme försummas.

I beräkningsverktyget har orten Kuggören, som fågelvägen ligger ca 2 mil utanför Hudiksvall, valts utifrån det geografiska läget (istället för Sundsvall eller Gävle då Hudiksvall inte var valbart). U-värden för byggnaden i Hudiksvall har räknats fram till viss del med hjälp av energiberäkningsprogrammet.

Provväggens olika konstruktioners U-värden har lagts in i energiberäkningarna för att undersöka om någon betydande skillnad för energianvändningen uppstår genom förändringar i konstruktionen. Övrig indata enligt SVEBY (2011). Förslag för att komplettera konstruktionen ska tas fram om konstruktionen ur fukt- respektive lufttäthetssynpunkt behöver förbättras.

Beräknat värde för	Köpt energi (kWh/år)	Specifik energianvändning kWh/(m ² år)
Energikartläggningen	8254	98,26
Obehandlad råspont + masonit + plastfolie	6877	81,87
Hårdvaxbehandlad råspont + masonit + plastfolie	7041	83,82
Hårdvaxbehandlad råspont	6650	79,17
Hårdvaxbehandlad råspont + springor mellan råsponten	6633	78,96
Ungefärligt uppmätt värde för den befintliga lägenheten	6500	77,4

Figur 5.1 visar beräknat/uppmätt värde för köpt energi (fjärrvärme) inklusive tappvarmvatten, vid olika förhållanden på provväggen.

De beräkningar som kallas energikartläggningen symboliserar det beräknade U-värdet för väggkonstruktionen (utan inverkan av hårdvaxoljan) tillsammans med en simulering i BV² (där samma förhållanden gäller för samtliga mätningar bortsett från u-värdet). Det uppmätta värdet är uppgifter från fastighetsägaren. Den omnämnda lägenheten har arean 84 m².

5.2 Lufttäthetsmätning (Blower door)

Metoden används som ett hjälpmedel för att lokalisera den befintliga bostadens luftläckage genom klimatskalet genom trycksättning vid olika tryckskillnader. Framförallt efterfrågas luftflödet vid undertrycket 50 Pa.

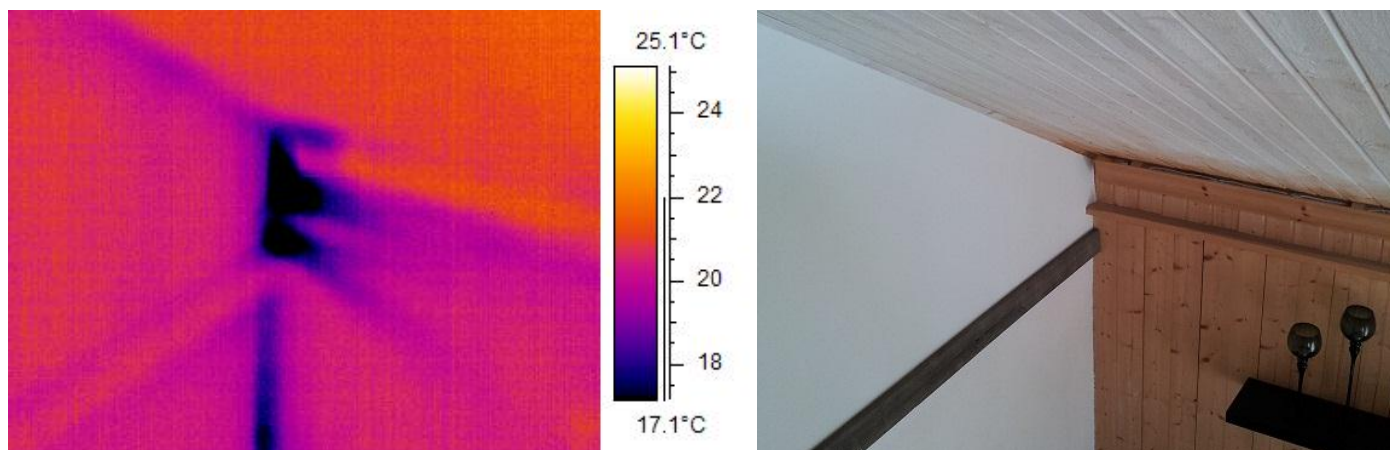
Alla dörrar, fönster och andra öppningar i klimatskalet ska vara stängda då trycksättningen ska utföras. Alla ventilationskanaler för tilluft och frånluft ska vara förseglade, exempelvis med hjälp av en folie och silvertejp. Vid försegling av ventilationskanaler sker försiktighet för att undvika att förstöra ytskikt eller omgivande tapet. (För tryckprovningen i Hudiksvall fanns endast två mekaniska fläktar och en köksfläkt att försegla).

Mätutrustningen består av en fläkt som monteras upp med ett lufttätt skycke i ytterdörrsöppningen. Mätningen styrs ifrån ett datorprogram som kopplas till fläkten. Byggnaden undersöks med en IR-kamera innan mätningen för att leta efter eventuella köldbryggor. Trycksättning forcerar sedan läckande luft att strömma genom konstruktionen. Kompletterande uppgifter som behövs om bostaden är bostadsarean, volymen och den totala omslutande arean.

5.2.1 Resultat

Blower door-mätningen i Hudiksvall gav lufttätheten $3,54 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ som delat med 3,6 ger $0,98 \text{ l}/(\text{sm}^2)$ och flödesexponenten uppmättes till 0,77. Flödesexponenten visar att det är en blandning mellan stora och små håligheter då ett värde närmare 0,5 visar på turbulent strömning (stora hål) och ett värde närmare 1,0 visar på laminär strömning (mindre hål). I bilaga B2 finns rapporten för den omnämnda Blower door-mätningen.

Figur 5.2 och 5.3, IR-bild och fotografi, visar läckor vid anslutning mellan ytterväggarna och taket.



7. Diskussion

7.1 Fukt

Det roliga med resultatet är att även när provväggen av Tonys konstruktion var obehandlad uppnåddes inte det kritiska värdet för RF, 70 % men för vissa är det väldigt nära. Vi hade innan mätningarna gissat att värdena skulle vara sämre då speciellt för den obehandlade provväggen. Det bör nämnas att dessa antaganden baseras på att uteklimatet är 6°C och det kan tyvärr inte visas några värden för lägre temperaturer.

Antagligen finns det stor risk för mikrobiell tillväxt mellan råspont och panel mot uteklimatet. Det krävs inte många graders skillnad för att kritiska RF ska uppnås.

Efter lite beräkningar kunde vi konstatera att det inte behövs mer än ca 1.5-2.5 °C för att det kritiska värdet för röta ska uppnås.

Under de förstörande proverna där verkligheten simulerades, springor mellan sponten, spik och skruv för tavlor och hyllor mm, steg RF över 70 %. Detta stärker tidigare antagande om risk för mikrobiell tillväxt i den befintliga byggnadens yttervägg.

Det som var väldigt förvånande var att hårdvaxet och plastfolien betedde sig likadant när det gäller fuktfördelningen. Man kan se en tydlig fördelning av högre RF mot utsidan och sedan lägre mot insidan. Provväggen med masonit visar också liknande egenskaper men inte lika tydligt som hårdvaxet. Från förundersökningen kunde det visas att hårdvaxet påverkade fukten men att det faktiskt gjorde så stor skillnad var överraskande. Vi hade innan mätningarna låga förväntningar på hårdvaxet. Detta beror nog på att vi hade fått en helt annan bild utav strukturen och egenskaperna av hårdvax.

I diagrammen över fördelning av ånghalt och mätnadsånghalt kan man se att det i våra förutsättningar inte förekommer kondens i skikten. Återigen borde det på pekas att dessa resultat gäller för 6°C.

De beräknade värdena från Glasermetoden blev liknande de uppmätta. Det var några enheter upp eller ner som skiljde och detta var förväntat då Glasermetoden inte tar hänsyn till den skiftande omgivningen som labbet bidrog med (dvs att stationära förhållanden inte alltid uppnåddes). Det var i alla fall väldigt roligt att de inte visade helt olika fuktfördelning. Detta kan man se tydligt på kurvorna att Glasermetodens värden blir mer "linjära" än de uppmätta. Ånghalter och mätnadsånghalter från Glasermetoden visade även de att det inte bildas kondens, vid 6°C.

För att återgå till min frågeställning i början utav examensarbetet:

- Fungerar hårdvax respektive masonitskivor som fuktspärr?

Som sagt kan man se en tydlig liknelse mellan kurvorna för plastfolie, hårdvax och masonit. Hårdvaxet ligger någon procent över medan den skiljer något mindre mellan masoniten och plastfolien. Så om man jämför med de obehandlade värdena skulle både masonit och hårdvax fungera men som vi påpekade krävs det inte mycket differens i kallgrader för att kritiska värden ska uppnås.

- Vad får man för fuktprofil i konstruktionen?

Om man endast ser till de värden som vi fick kan man tro att väggen har en relativt säker fuktprofil. Men spinner man vidare och ser den stora bilden är det en väldigt osäker fuktprofil. Det som hjälper konstruktionen, även om vi konstaterat att det finns risk för mikrobiell tillväxt, är antagligen att slamfärgen tillåter fukt att dunsta och att trä i princip behåller sina egenskaper så länge det får chans att torka.

Felkällor i detta projekt är bland annat att provväggens utsida skulle ha behandlats med Falu rödfärg. Vi kan dock anta att slamfärgen inte gjort någon större skillnad i resultat men väggen borde ändå behandlats just för att efterlikna verkligheten. Sponten skruvades tätare än hur denna sitter på den befintliga byggnaden. Sponten på insidan på den befintliga byggnaden har glidit isär antagligen från sättningar av huset och svällning/uttorkning av sponten. Detta resulterade i ungefär 1 centimeter breda springor på insidan av byggnaden. Andra felkällor är diverse tätningar som behövde göras mellan provvägg och klimatskåp och även tätning av själva provväggen som i detta fall gjordes med silikon.

Provväggen är ju också helt "ren" utan anslutningar av fönster, dörrar, eluttag mm vilket självklart också ger ett avvikande värde från det befintliga huset. En sådan liten sak som för långt inslagna fasadspikar kan också föra in fukt i konstruktionen.

Hade vi haft mer tid hade vi väldigt gärna gjort om testerna med andra temperaturer som representerar annat uteklimat. Hade vi jobbat med dynamiska värden hade vi ju även, utöver Glasermetoden, kunnat använda fuktberäkningsprogrammet WuFi [www.wufi.se]

7.2 Värme

Klimatskåpet var inställt på 6°C, medeltemperaturen för Hudiksvall under året 2011.

Medeltemperaturen i Hudiksvall sett över ett normalår mellan 1961-1990, är 4,3°C (se bilaga B8) men denna temperatur gick inte att uppnå i klimatskåpet. Felmarginalen för klimatskåpet är 0,1-0,3 K (grader Kelvin) medan felmarginalen för värmeflödesmätarna är okända då dessa är kalibrerade i fabriken genom givarkonstanten. Vid jämförelse av inomhustemperaturen för termoelementen hittas en skillnad på 0,1-0,2°C, vilket gör att felmarginalen för termoelementen borde vara inom detta intervall.

Termoelementen numrerade mellan ett till fyra är placerade vid snittet för en regel med givarnummer två och tre i direkt anslutning till regeln (och insidan av råspontarna) på varsin sida av den. Givarna sex och sju är placerade på insidan av råsponterna i direkt närhet till isoleringen. Man kan se att det är en större temperaturskillnad över isoleringsskiktet jämfört med temperaturskillnaden över regeln oberoende av hårdvaxet, masoniten och plastfoliens inverkan.

Konstruktionen fick lägst U-värden då råsponten var behandlad med hårdvax och inte vid någon av testerna för en plastfolies inverkan i konstruktionen. Konstruktionens U-värde vid ovanstående fall var att regelverkan gav 0,121 W/m²K medan U-värdet där den dominerande delen är isolering var 0,084 W/m²K (U-medelvärde för denna konstruktion var 0,064 W/m²K – tänk då på att arean är 0,7m²), vilket kan jämföras med det beräknade värdet för den befintliga konstruktionen, 0,162 W/m²K. Eftersom konstruktionen både lagrar och tömmer energi över dygnets timmar, ger det varierande flöden beroende på i vilken fas konstruktionen är. Resultaten anses inte troliga, men det kommer att diskuteras ytterligare.

Kravet för specifik energianvändning uppnås för alla testade konstruktionslösningarna utifrån de förutsättningar som rådet på den befintliga byggnaden, förutsatt att mätningarna stämmer. För att uppnå en kontrollerad ventilation och dessutom återvinna värme ifrån frånluften skulle ett FTX-system vara fördelaktigt, däremot fanns inte tid för denna simulering.

Det kan vara möjligt att det lägre U-värdet (provväggens i jämförelse med den befintliga byggnaden) uppnås då provväggen har pressats samman, råspont för råspont, med hjälp av tvingar. I övrigt skiljer sig konstruktionen mot den befintliga genom att ett skikt av råspont på 70mm ersatte två skikt på 34mm för den nya konstruktionen (som provväggen ska efterlikna) samt att provväggen inte alltid har en masonitskiva. Det är visserligen skillnad på ett uppmätt och värde och ett teoretiskt värde, vilket också ger utrymme för felmarginaler.

Vad gäller energikartläggningen så kan energianvändningen som fås fram med BV^2 sänkas vid olika framtagna konstruktionslösningar där ännu en gång enbart hårdvaxoljan fått det lägsta värdet (dvs. för både U-värdet och energianvändningen). Energianvändningen då en plastfolie finns med i konstruktionen, bortsett från energikartläggningen (den befintliga byggnaden), är enligt resultatet högre, vilket gör att det troligtvis har inträffat något under arbetets gång som försämrat plastfoliekonstruktionens värden. En misstanke är att plastfolien möjligtvis inte klämts/ tryckts fast tillräckligt mot råsponten och på så sätt skapat otätheter och missvisande resultat, men detta borde synas i lufttäthetsproven. Alternativt kan tejpens och silikonfogarna inte tätat så som dessa önskades göra.

Vid analys av provväggens temperaturer över skikten visas det att temperaturen mellan isoleringen och råsponten utåt sett i konstruktionen knappt påverkats oberoende av vilket tätskikt som har testats, vilket bekräftas av Akander, 2012, då det enligt honom inte bör finnas större skillnader. Simuleringen av den specifika energianvändningen visar att den beräknade energianvändningen för den befintliga byggnaden är högre än den uppmätta, vilket kan bero på tillgången av ett ungefärligt värde.

De uppmätta U-värdena ger väldigt låga värden vilket tillsammans med lufttäthetens låga mätvärden förstärker osäkerheten kring dessa mätningar och funderingar kring eventuella felmarginaler för båda mätningarna behandlas i diskussionen för lufttäthetsmätningarna.

7.3 Lufttäthet

Ju lägre lufttäthetstalet är desto bättre är lufttätheten i byggnaden, utifrån de fördelar god lufttäthet har borde alla fastighetsägare vilja sträva efter att ha en så god lufttäthet som möjligt.

Provväggens låga flöden antas beror delvis på att provväggen varken har några genomföringar eller anslutningar (provväggens area är $0,7 \text{ m}^2$) vilket inte ger den optimala jämförelsen. Något som troligtvis också påverkar mätvärdenas luftflöde är att provväggen tvingades ihop, råspont för råspont, och lin fördelades jämnt mellan spontarna. Ytterligare undersökning för att avgöra hur stor påverkan väggens låga luftflöde utifrån att tving användes vid uppförandet av väggen kommer inte att göras, bara ett antagande att det har en troligtvis en inverkan. Cellulosaisolering är tätare än exempelvis mineralull, och kontroll för att se att provväggen fylldes upp gjordes innan mätningarna startade.

Det är ändå en väldigt stor skillnad i lufttätheten mellan mätningarna för provbiten och lägenheten. Det kan vara möjligt att isoleringen i den befintliga byggnaden inte fyller upp väggfacken, samtidigt visades tidigare en IR-bild över konstruktionens otäta anslutningar. Termograferingen visade att så gott som alla anslutningar mot tak samt anslutningarna till den ena fasaden var otäta, dessa visade sig som utsträckta lite bredare otätheter. Att otätheten i provväggen är så pass låg är positivt (dock ifrågasätts om tillvägagångssättet är helt tillförlitligt) utifrån de fördelar som tidigare beskrivits för en byggnad med bra lufttäthet. Då endast en vägg utan varken anslutningar eller genomföringar har testats kan inte en rättvis jämförelse göras mot lägenheten då denna avser hela klimatskalet. Mycket omsorg i utförandet, tydlighet i projekteringen och en hållbar tidsplan (förståelse för att det kommer att ta längre tid att bygga lufttätt) krävs för att uppnå en lufttät byggnad.

Inga läckor eller liknande syntes vid de olika termograferingarna av provväggen, vilket troligtvis beror på den låga temperaturskillnaden. I labbsalen var temperaturen ca 22 grader medan temperaturen i isoleringen var ca 20 grader. Att provväggen var så pass tät och inte hade några anslutningar eller genomföringar påverkar troligtvis också att ingenting sågs på termograferingen. För övertygelsens skull användes en rökpenna och blöta fingrar för att kontrollera om någon luft trots allt sipprade igenom konstruktionen under provtryckningarna, men utan tillräckligt tydliga resultat, vilket i sin tur stärks av konstruktionens låga flöden.

Då provväggen sitter monterad mot klimatskåpet borde mätningarna med övertryck ge ett mer relevant resultat än mätningarna med undertryck, då även sett ur perspektivet att hitta var eventuella läckage kan hittas på provväggen. Undertryckmätningar saknas därför på de två sista mätningarna (sprickor mellan råspontarna samt provtryckningen av enbart klimatskåpet). Provtryckning av endast klimatskåpet genomfördes då antagandet att själva klimatskåpet var väldigt otätt, tryckprovningen visade att klimatskåpets inverkan på provväggens resultat var av väldigt betydande storlek då i stort sett hela flödet berodde av klimatskåpet.

Det syns tydligt i figur 4.22 att vid alla mätningar är det stor skillnad i flödet mellan 30Pa och 40 Pa övertryck. "När skåpets kurva subtraheras från provkurvorna, så fås negativa flöden (för övertryck), vilket är teoretiskt orimligt." [Akander, 2012]. Metodens onoggrannhet är större än variationen mellan de olika provkurvorna.

Vid jämförelse mot en traditionell Blowerdoor-kurva ser vi att provväggens mätvärden avviker mot den förväntade kurvan och därmed anses mätningarna inte spegla verkligheten. Värt att poängtera är att den hårdvaxbehandlade råsponten har det lägsta flödet medan den obehandlade råsponten med masonitskivan och plastfolien (test 2) samt den hårdvaxbehandlade råsponten med springor genererade det högsta flödet. På förhand antogs att dessa värden skulle vara ombytta, bortsett från att den undersökningen med springor mellan sponten skulle ge det högsta värdet. Detta kan bero på en bristande tätning av silikon, men troligt har fler felkällor en inverkan eftersom de tester som utförts med plastfolie borde ha haft det minsta luftläckaget. Om testerna vore utförda på större konstruktionsdelar skulle eventuellt de felmarginaler som uppstår ha en mindre inverkan på det slutliga resultatet.

För att inte isoleringen i provväggen skulle behöva blåsas in på nytt efter varje ny laboration, placerades plastfolien mellan de inre råspontarna. Då plastfolien hade tagits bort och enbart den hårdvaxbehandlade råsponten skulle monteras upp igen användes grövre skruvar då skruvhålen vidgat sig efter ett antal omgångar av att skruvas in och ut. Att skruvhålen började bli uttjänta har troligt inverkan på lufttäthetens resultat.

Även om lufttätheten är uppfylld betyder inte det med automatik att fuktsäkerheten är uppfylld. Då hårdvaxolja i överlag är rödlistad i byggmaterialsdbaser (beroende av att det inte finns tillräckligt mycket information att göra en bedömning ifrån), finns en osäkerhet om hur miljövänlig denna produkt är. Vill Tony istället förändra i konstruktionen och bortse ifrån hårdvaxoljan, kan en miljövänlig ångspärr som exempelvis FH Fleece Ångbroms eller ÖKO-Natur Ångbroms, båda ifrån Isocell, användas då båda anses vara miljövänliga enligt tillverkaren.

Ett alternativ för att konstruktionen skulle kunna fungera även fuktmässigt, är att en vindpapp eller en vindskyddsduk monteras på råsponten mot det yttre klimatet och montera en läkt under panelen för att på så sätt skapa en luftspalt. Denna luftspalt kommer att kunna ventileras bort eventuell fukt och konstruktionen blir mindre känslig för kondens (detta skulle troligen ge en mindre risk för kondens vintertid). Jämfört med att ha en obehandlad råspont på väggens insida mot att behandla råsponten med hårdvax, testades hårdvaxoljan till konstruktionens diffusions- och konvektionsspärr. Om en enbart hårdvaxoljan ska fungera som diffusionsspärr ska vindskyddsduken vara en femtedel så tät som hårdvaxoljan, vilket resulterar i ett ångmotstånd på 10,0 s/m vid ett 0,5 mm tjockt lager hårdvaxolja (beräknat utifrån en femtedel av ånggenomsläppligheten $0,25 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ för hårdvaxoljan enligt tidigare beräkningar).

Olsson L (2011) skriver i rapporten att ångmotståndet för en vindskyddsduk är 7000 s/m. För att beräkna ånggenomsläppligheten delas materialets tjocklek med ångmotståndet, och vid en 0,2mm tjock vindskyddsduk ges då ånggenomsläppligheten $2,86 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, vilket inte uppfyller rekommendationen för att fungera ihop tillsammans med hårdvaxoljan.

Vindskyddsduken Tyvek hittas på bland annat Ekologiska byggvaruhusets hemsida men har ett ångmotstånd på 900 s/m och tjockleken 0,17mm vilket ger ånggenomsläppligheten $18,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, och uppfyller inte rekommendationen för att fungera tillsammans med hårdvaxoljan.

Som tidigare nämnts är det värt att påpeka att om testet som i teorin skulle vara tätast ger det högsta flödet, bör den körningen räknas bort (alternativt hela mätningen) då sannolikheten att tätningen av silikonet, och troligtvis även tätningen av utrustningen, varit bristfällig. Alternativt att alla mätningarna ifrågasätts och för framtiden då, i alla fall vid denna omgång, anses den vara osäker. Om möjligheten för att utföra samma mätningar vid fler tillfällen fås fler värden att analysera.

En kritisk inställning till resultatet för mätningarna gällande lufttäthet (och även värmeavsnittet) anses nödvändig då värdena skiljer så mycket mot mätningen i den befintliga byggnaden. Att tvinga ihop väggen ger ett bättre och tätare värde jämfört med att bara montera upp skikten.

Möjliga felkällor för lufttäthetsmätningarna (och till viss del även mätningarna med avseende på värme) staplas nedan

- att inte samma tryckmätare användes på byggnaden som provväggen, ger kalibreringsosäkerheter
- strypflänsarnas felmarginaler
- tätningarna av skåpet, både silikonet och väggens anslutning mot klimatskåpet
- tätningarna för de material och instrument som användes till tryckprovningen
- samma lufttäthetsmätningar användes inte på byggnaden och provväggen, dels efter den ovanstående problematiken.
- uttjänta skruvhål
- utrustningen som användes för tryckprovningen monterades ner efter varje mätning då provväggen skulle hinna stabilisera sig med nya förutsättningar inför nästa mätomgång samt att all utrustning inte kunde ligga framme under flera veckors tid.

För att lättare kunna förlita sig till de uppmätta värdena borde dessa ha testats i alla varianter i minst två omgångar, eventuellt tre, för att se om värdena skiljer sig avsevärt åt. Precis som att ett medelvärde användes utifrån temperatur- och värmeflödesloggningarna borde ett medelvärde ha används även för luftflödesmätningarna. Att använda samma mätutrustning och mätmetod vid båda undersökningarna minimerar också de mätfel som kan komma att uppstå.

Diffusionsspärren är i dagsläget projekterad för att vara placerad i det mest utsatta klimatet, inomhusklimatet, (jämför med en tapets placering), vilket i sin tur borde påverkas då denna punkteras, dvs. vid exempelvis uppsättning av hyllor. För att minimera påverkan av hårdvaxet skulle möjligtvis ett installationsskikt vara att rekommendera och hårdvaxet målas på det inre lagret av råsponten, alternativt att en ångbroms skulle användas istället för hårdvaxoljan.

8. Slutsatser

Fuktmätningarna visar, att vid utomhustemperaturen 6°C, klarar sig väggkonstruktionen ifrån mikrobiell tillväxt med en mindre marginal om råsponten behandlats med hårdvax. Större delen av året, mellan oktober till april, kommer medeltemperaturen att vara lägre än 6°C. Den analys som kunde göras utav mätningarna och beräkningarna var att konstruktionen är relativt fuktosäker. Därför är det intressant att en beräkning görs där DVUT används, -24 °C, där det snabbt kan konstateras att provväggen inte klarade sig i någon av fallen då mätnadsånghalten tydlig blev under ånghalten i de fyra skikten från utsidan.

På förhand antogs att väggen skulle genera ett högre U-värde med tanke på den stora andelen trä i konstruktionen. Under dessa mätningar har värmeflödet i konstruktionen skiljt sig väldigt mycket åt, vilket har gjort att det varit problematiskt att tolka dessa värden åt då inget sammanhängande mönster hittades. Utifrån de simuleringar som genomförts med väggkonstruktionens förändringar ges en högre specifik energianvändning i jämförelse med den befintliga byggnadens ungefärliga energiförbrukning.

Lufttäthetsmätningarna visade sig ge optimistiska värden, vilket med jämförelse till Blower door-mätningen förstärker misstanken om att det finns ett spann för mät- och metodfel. Samtidigt är provväggen mer välbyggd för laborationsförsöken än vad den skulle vara på arbetsplatsen då tving har använts för hela konstruktionen samt att den är omsorgsfullt tätad med lin. Om konstruktionen blir tillräckligt tät genom dessa åtgärder vilket i sin tur ger otroligt låga värden, tillsammans med åtanken att detta bara är en vägg utan varken anslutningar eller genomförningar och inget klimatskal, stödjer ett lägre lufttäthetstal.

Innan arbetet påbörjades var vi båda övertygade om att hårdvaxoljan inte skulle kunna räcka som diffusionsspärr, vilket laborationerna skulle bekräfta eller dementera. Fuktmätningar visar att konstruktionen inte särskilt stabil fuktmässigt sett. Temperaturmätningarna visar låga U-värden genom konstruktionen, dessa kan med fördel mätas upp ännu en gång för att bekräftas.

Lufttäthetsmätningarna genom konstruktionen anses inte tillförlitliga och kan därmed inte räknas med i denna bedömning.

Ett alternativ för att konstruktionen med större säkerhet skulle kunna fungera, kan en vindpapp eller en vindskyddskiva monteras på råsponten mot det yttre klimatet och montera en läkt under panelen för att på så sätt skapa en luftspalt. Denna luftspalt kommer att kunna ventileras bort eventuell fukt och konstruktionen blir mindre känslig för kondens eller slagregn. Detta skulle troligen ge en mindre risk för kondens vintertid. Jämfört med att ha en obehandlad råspont på väggens insida mot att behandla råsponten med hårdvax, gör att hårdvaxoljan bidrar till konstruktionens diffusions- och konvektionsspärr.

Om en enbart hårdvaxoljan ska fungera som diffusionsspärr och en vindpapp eller vindskyddsduk ska användas, ska vindpappen vara en femtedel så tät som hårdvaxoljan. Det resulterar i att ånggenomsläppligheten för vindpappen ska vara maximalt $0,05 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (vid ett medelvärde av hårdvaxets uppmätta ånggenomsläpplighet).

BBR:s krav jämfört med arbetets beräkningar ger att

<i>Problemområde</i>	<i>Krav från BBR 2012</i>	<i>Uppmätta värden (endast för provväggen)¹</i>	<i>Kommentarer</i>
<i>Fukt</i>	<i>75 % RF_{krit}</i>	Högsta uppmätta: 66,8%	Uppfylls utifrån de rådande förutsättningarna
<i>Specifik energianvändning</i>	<i>110 kWh/ (m² år)</i>	79,17 kWh/ (m ² år)	Uppfylls utifrån de rådande förutsättningarna
<i>U-medelvärde</i>	<i>0,40 W/m²K</i>	0,064 W/m ² K	Uppfylls utifrån de rådande förutsättningarna
<i>Lufttäthet</i>	<i>Inte definierat</i>	0,100 l/(s m ²)	För passivhus får värdet inte överstiga 0,30 l/(s m ²). 0,40 l/(s m ²) rekommendations av författarna till "Lufttäthetens handbok"

¹ Dessa värden avser endast resultaten då provväggen var behandlad med hårdvax (utan plastfolie och masonitskivan)

9. Referenser

9.1 Källkritik

I flertalet SP Rapporter redovisas resultat av enskilda projekt som kan vara svåra att knyta samman med detta projekt. Detta då det inte förekommer samma utrustningsmöjligheter, utomhusklimatets inverkan (deras mätningar förekommer ofta på västkusten) samt hur aktuella innehållet i dessa är. De lösningar som varit aktuellt för 10 år kan ha blivit ersatta med en lösning och ett nytt tänk – utifrån forskning och erfarenheter.

Att hitta relevant litteratur till detta arbete var svårt då vi arbetat med materialkombinationer utan tidigare redovisade resultat, vi syftar då på termoträ tillsammans med hårdvaxoljan. Information om enskilda material har också ingått i litteraturstudien, likväl som byggnadsteknisk information. Detta leder i sin tur till att den information och det resultat som vi tagit till oss egentligen kanske inte kan appliceras till detta arbete och denna konstruktion, utan att vi sökt efter vägledning och teori.

När det kommer internetbaserade källor har pålitliga källor använts och uppgiftshämtaren har kritiskt funderat kring innehållet.

9.2 Källor

9.2.1 Internetbaserade källor

http://biofa.nya-ebutik.se/-3	2012-04-21
http://www.cremab.se/admin/UploadFile.aspx?path=/UserUploadFiles/Isocell_Miljobyggsystem_Broschyr.pdf	2012-05-13
http://www.cremab.se/admin/UploadFile.aspx?path=/UserUploadFiles/ThermoCell.pdf	2012-05-13
http://www.falurodfarg.com/?page_id=119	2012-05-15
http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/5_07_21.pdf	2012-03-02
http://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg_och_hjaelpmedel/publikationer/	2012-05-15
http://www.isoleringstjanst.se/diffusionsoppna-tatskikt/	2012-05-13
http://www.nordisolering.nu/ThermoCell_Milj_byggsystem_2009.pdf	2012-05-13
http://www.sp.se/sv/units/certification/product/Documents/SPCR/VIMs%20certifieringsregler%202003.pdf	2012-04-29
http://www.sveby.org/wp-content/uploads/2011/06/brukarindata_bostader.pdf	2012-04-02
http://www.termotra.se/default.asp?PageId=959	2012-04-12
http://termotra.se/filer/Dokument/tg_standard_16_56_01.pdf	2012-04-10

9.2.2 Litteratur

- **Adalberth Karin**, (1998). *God lufttätthet – En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer*. Byggforskningsrådet, Stockholm.
- **Adalberth Karin; Wahlström Åsa**, (2009). *Energibesiktning av byggnader – flerbostadshus och lokaler*. SIS Förlag
- **Boverket** (2010). *Regelsamling för energideklaration med kommentarer*. Boverket, Karlskrona.
- **Boverket** (2012). *Regelsamling för byggande, BBR 19*. Boverket, Karlskrona.
- **Burström, Per Gunnar** (Andra upplagan) *Byggnadsmaterial, uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*
- **Elmarsson, Bengt , Nevander, Lars Erik** (Tredje upplagan) *Fukthandbok, Praktik och teori*

- **Falk, Jörgen** (2010) *Ventilerad fuktspalt i yttervägg*
- **Forum för Energieffektiva byggnader** (Kompletterad oktober 2009). *FEBY Kravspecifikation för Passivhus*. Version 2009. Framtagen inom Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus. Energimyndigheten och Västra Götalandsregionen, Miljönämnden.
- **FoU-Väst (Sveriges Byggindustrier)**, (2007). *Lufttäthetens handbok, problem och möjligheter*. Sveriges Byggindustrier, Göteborg.
- **Fredriksson, Maria** (2010) *A critical literature review of moisture and temperature conditions in wood exposed outdoors above ground*
- **Johansson, Pernilla** (2006) *Mikroorganismer i byggnader*
- **Nilsson, Lars-Olof** (2009) *Djupt inslagna fasadspikar-Risk för fukt?*
- **Nilsson, Lars-Olof** (2009) *Woodbuild E1*
- **Olsson Lars** (2011). *Laboratoriestudie av träregelväggar med olika vindskydd*. SP Rapport 2011:56, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås.
- **Sandin Kenneth**, (2010). *Praktisk Byggnadsfysik, Kenneth Sandin*. Studentlitteratur AB.
- **Sandberg Per Ingvar; Sikander Eva** (2004). *Luft rörelser i och kring konstruktion, del 3. Lufttäthetsfrågorna i byggprocessen – Kunskapsinventering, laboriemätningar och simuleringar för att kartlägga behov av tekniska lösningar och utbildning*. SP RAPPORT 2004:22, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås.
- **Sandberg Per Ingvar; Sikander Eva; Wahlgren Paula; Bengt Larsson** (2007). *Lufttäthetsfrågorna i byggprocessen – Etapp B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler*. SP RAPPORT 2007:23, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås.
- **Sikander Eva; Olsson-Jonsson Agneta**, (1997). *Lufttäthet i hus med träregelstomme och utan plastfolie*. SP RAPPORT 1997:34, SP Sveriges Provnings- och forskningsinstitut, Borås.
- **Sikander Eva; Per Ingvar Sandberg**, (2007). *Lufttäthetens inverkan på inomhusmiljön och energianvändningen*. Bygg & Teknik, (05/2007).
- **Sikander Eva; Wahlgren Paula**, (2008). *Alternativa metoder för utvärdering av byggnadsskalets lufttäthet*. SP RAPPORT 2008:36, SP Sveriges Provnings- och forskningsinstitut, Borås.
- **Wahlgren Paula; Sikander Eva**, (2008). *Utvärdering av byggnadsskalets lufttäthet*. Bygg & Teknik, (05/2008).
- **Åhs, Magnus** (2012) *Fuktegenskaper för byggnadsmaterial*

9.2.3 Muntliga källor för upplägg, rådfrågning och diskussioner

Akander Jan, Högskolan i Gävle, T. dr. lektor

Berglund Reidar, Svenska Termoträ AB, VD

Blomqvist Claes, Högskolan i Gävle, Civ. ing. Forskningsingenjör

Carlsson Thomas, Högskolan i Gävle, T. lic. Forskningsingenjör

Hahne Anders, Ramböll Falun, Fuktsakkunnig

Lundström Hans, Högskolan i Gävle, Civ. ing. forskningsingenjör

Nilsson Håkan, WSP Group Stockholm, Avdelningschef – Byggnadsfysik Stockholm

Peltari Rangvald, Högskolan i Gävle, Tekniker

9.2.4 Bildkällor

http://www.falurodfarg.com/?page_id=119

2012-05-15

Adalberth Karin, (1998). God lufttäthet – En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer. Byggforskningsrådet, Stockholm.

Sikander Eva; Per Ingvar Sandberg, (2007). Lufttäthetens inverkan på inomhusmiljön och energianvändningen. Bygg & Teknik, (05/2007).

Bilagor, del A

A1 – Fuktredogörelse av termoträ



Fuktegenskaper hos
TERMOTRÄ träfiberisolering.

Ett flertal referensobjekt med normal och
onormal fuktpåverkan.



TERMOTRÄ träfiberisolering - den naturliga produkten.

Termoträ träfiberisolering har som isoleringsprodukt funnits i 13 år och tillverkas idag i två kvaliteter: Termoträ standard och Termoträ brandklass. Båda produkterna är tillverkade för att användas i sina specifika användningsområden. Termoträ brandklass i brandklassade konstruktioner och Termoträ standard i övriga.

Träfiber-råvaran i båda produkterna är pappersmassa från förnyelsebar skog av gran och tall med garanterad återväxt. Kemikalietillsatserna mot brand och mögel är utvalda med hänsyn till miljön och den praktiska funktionen ute i fält.

Avseende:

- 1.1 erforderligt brandskydd
- 1.2 fukt och mögelegenskaper
- 1.3 återanvändning
- 1.4 återföring till kretsloppet

När det gäller fukt och mögelegenskaper har för Termoträ standard valts sådan mängd kemikalier att den fortfarande kan brytas ned även om den deponeras i naturen. Därmed återgår materialet till det naturliga kretsloppet. Laboratoriestudier och våra gamla installationer har redovisat att när Termoträ installeras i en konstruktion eller på ett vindshjälklag, kommer isoleringsmaterialet, precis som konstruktionsvirket av trä i väggen eller på vinden, inte att synligt mögla eller skapa ett dåligt luftklimat. Detta gäller naturligtvis under förutsättning att byggnationen och handhavandet av produkten utförts på ett korrekt sätt. Om ni har ytterligare frågor beträffande vårt material, kontakta då gärna våra kunder eller oss direkt.

Obehandlat trä i naturen

När obehandlat trä blir utsatt för "väder och vind" bryts det ner och mulnar. Det innebär att materialet återgår till kretsloppet.

"Av jord är du kommen..."



Obehandlat trä under tak eller inuti en vägg.

När obehandlat trä skyddas från "regn och rusk" behåller det sina egenskaper under mycket lång tid och kan med fördel återanvändas.



TERMOTRÄ träfiberisolering - den naturliga produkten.



Referensprojekt ca 10 år efter installation med *onormal* fukt-påverkan.

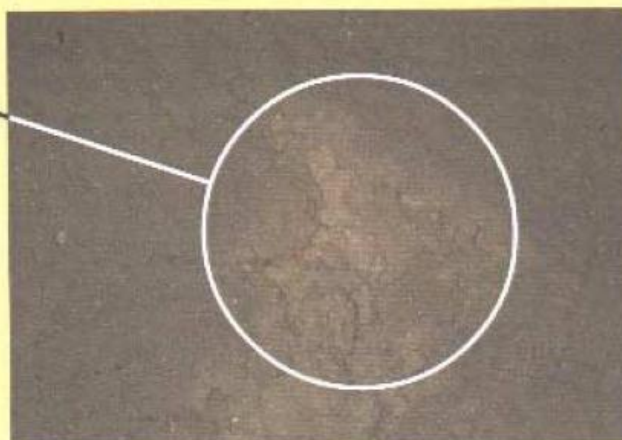
Fastighetsägare: AB Tierpsbyggen
Installationsår: 1990
Adress: Blomstervägen 4
Örbyhus

Installationen är utförd på vind med plåttak utan underlagstak. Kondens på plåttakens undersida har droppat ner i isoleringen. Dropphålen syns tydligt. Trots detta finns ingen synbar mögel-tillväxt eller dålig luft.

Referensprojekt ca 10 år efter installation med *onormal* fukt-påverkan.

Fastighetsägare: Gävle Kommun
Installationsår: 1992
Adress: Vasaskolan
Gävle

Trots ett hundratals små läckage finns inte heller här någon synlig mögeltillväxt eller dålig luft.



Referensprojekt ca 10 år efter installation med *normal* fukt-påverkan.

Fastighetsägare: Gävlegårdarna
Installationsår: 1993
Adress: Hamiltonsgatan
Gävle

Även här syns ett opåverkat isoleringsmaterial där det inte finns någon synlig mögeltillväxt eller dålig luft.



TERMOTRÄ träfiberisolering - den naturliga produkten.

TERMOTRÄ fuktegenskaper.

Om ni trots denna redogörelse för vår produkts egenskaper ur fuktsynpunkt är tveksamma kan vi hänvisa till ett flertal äldre referensobjekt.

REFERENSLISTA

för äldre installationer av tilläggsisolering på vind avseende eventuell synbar mögelpåväxt och dålig luft.

AB Tierpsbyggen

Robert Gunnsted, 0293-130 25

Gavlegårdarna

Kenneth Hanssen, 026-17 27 00

Gävle kommun

Larry Ellgren, 026-17 82 44

Stiftelsen Sandvikenhus

Leif Pil, 026-24 12 00

Kennet Wickström, 026-24 15 16

Byggnads AB Mimer Västerås

Lars Svensson, 021-39 00 00

Signalisten i Solna

Kent Nilsson, 08-444 72 88

Sollentunahem AB

Lars Anders Isaksson, 08-626 08 00

X-Fastigheter Gävleborg

Stig Eriksson, 026-15 57 89

Uppsalahem AB

Kenneth Pettersson, 018-27 34 09

Arne Gustafsson, 018-27 35 53

Haninge Bostäder AB

Peter Axelsson, 08-606 70 38

Huge Bostäder AB

Lars Jerndahl, 08-535 320 23

Stiftelsen Östhammarshem

Bengt Nordström, 0173-425 55

Väsbyhem

Roland Lundblad, 08-590 98 143

Lars Blomberg, 08-590 98 143

AB Telge Bostäder

Anders Bergqvist, 08-55 297 00

Jan Erlandsson, 08-550 297 00

Solbergshemmet i Järna

Sien Selenius, 08-551 501 26

Skogstoken

Michael Nyman, 0241-201 23

Härjedalens Energi

Stig Holm, 0680-161 00

SKB Stockholm

Tommy Olsson, 08-704 61 30

Stiftelsen för Sundborns Prästgård

Göran Berglund, 023-173 75

Mats & Arnes Arkitektkontor

Mats Samuelsson, 0303-664 40

Arne Algeröd, 0303-664 40

Ilus och Hem AB

Lennart Emanuelsson, 0522-294 90

Högsbo Gruppboende

Rune Adielsson, 031-27 85 70

Bostadsbolaget i Göteborg

Bo Kullbom, 031-731 54 33

Lucille Lindström,

0243-231 229

Kopparstaden AB

Hans Sundkvist, 023-45 800

Ludvika Kommun

Osmo Heiskanen, 0240-860 00

Smedjebackens Kommun

Per-Erik Lindgren, 0240-66 00 00

Västerås Stad

Dan Lundhem, 021-16 00 00

Avesta Kommun

Robert Bromark, 0226-64 57 00

Ulf Bengtsson

0522-395 85

Vidingehem AB

Andreas Gustavsson, 0470-701 770

SVENSKA TERMOTRÄ AB
KUNGSBERG SVÄGEN 40 • 811 95 JÄRBO
TEL. 0290-623 42 • FAX 0290-621 13
www.termotra.se • e-post: office@termotra.se

A2 – Beräkning av ånggenomsläpplighet

Mättnadsånghalt vid 20 grader Celsius: 17g/m³

Ånghalt – 100 % RF – V1: 0,017 kg/m³ (17 g/m³)

Ånghalt – 35 % RF – V2: 0,00595 kg/m³ (5,95 g/m³)

Tjocklek - L: 0,0063 m (6,3 mm)

Area: 0,0064 m²

Tid: 1 900 800 sekunder (22 dygn)

Total minskning:

Burk 1 – 0,0184 kg (Råspont)

Burk 2 – 0,00517 kg (Hårdvax)

Burk 3 – 0,00959 kg (Masonit)

Burk 4 – 0,0156 kg (Råspont)

Burk 5 – 0,00998 kg (Masonit)

Burk 6 – 0,0054 kg (Hårdvax)

G: Minskning/Area

g: G/Tid

Burk 1 – 2,86 kg/m²

Burk 2 – 0,8 kg/m²

Burk 3 – 1,49 kg/m²

Burk 4 – 2,42 kg/m²

Burk 5 – 1,56 kg/m²

Burk 6 – 0,84 kg/m²

Burk 1 – 1,51 *10⁻⁶ kg/m²

Burk 2 - 4,25 *10⁻⁷ kg/m² s

Burk 3 – 7,88 *10⁻⁷ kg/m² s

Burk 4 – 1,28*10⁻⁶ kg/m² s

Burk 5 – 8,2 *10⁻⁷ kg/m² s

Burk 6 – 4,44 *10⁻⁷ kg/m² s

Ånggenomsläppligheten:

Burk 1: 0,86 *10⁻⁶ m²/s (Råspont)

Burk 2: 0,242 *10⁻⁶ m²/s (Hårdvax)

Burk 3: 0,449*10⁻⁶ m²/s (Masonit)

Burk 4: 0,729 *10⁻⁶ m²/s (Råspont)

Burk 5: 0,468 *10⁻⁶ m²/s (Masonit)

Burk 6: 0,253 *10⁻⁶ m²/s (Hårdvax)

Dessa värden kan jämföras med ånggenomsläppligheten för plastfolie som är 0,015*10⁻⁶ m²/s.

A3 – Beräkning med Glasermetoden

Obehandlad											
Skikt	Dim	λ	$R \text{ (m}^2\text{k/W)}$	$\Delta T \text{ (C}^\circ\text{)}$	$T \text{ (C}^\circ\text{)}$	V_s	$\delta \text{ (m}^2\text{/s)}$	$z \text{ (s/m)}$	$\Delta V \text{ (g/m}^3\text{)}$	$v \text{ (g/m}^3\text{)}$	Upmätt RF
Ute					6	7,27				4,84182	0,666
Rse			0,04	0,10202443				0,06	8,48369E-08		
					6,102024	7,31				4,84182	0,662356
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61943402			0,0000002	170000	0,24037128		
					6,721458	7,61				5,082191	0,667831
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61943402			0,0000002	170000	0,24037128		
					7,340892	7,91				5,322563	0,67289
Termoträ	0,195	0,038	5,131578947	13,0886601			0,000014	13928,57	0,019694286		
					20,42955	17,69				5,342257	0,301993
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61943402			0,0000002	170000	0,24037128		
					21,04899	18,32				5,582628	0,304729
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61943402			0,0000002	170000	0,24037128		
					21,66842	19,07				5,822999	0,305349
Rsi			0,13	0,33157939				0,36	5,09022E-07		
Inne					22	19,41				5,823	0,3
Summa			6,273007519					693929			

Obehandlad											
Skikt	Dim	λ	$R \text{ (m}^2\text{k/W)}$	$\Delta T \text{ (C}^\circ\text{)}$	$T \text{ (C}^\circ\text{)}$	V_s	$\delta \text{ (m}^2\text{/s)}$	$z \text{ (s/m)}$	$\Delta V \text{ (g/m}^3\text{)}$	$v \text{ (g/m}^3\text{)}$	Upmätt RF
Ute					-24	0,55				0,3663	0,666
Rse			0,04	0,29332023				0,06	4,71809E-07		
					-23,7067	0,64				0,3663	0,572344
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,78087282			0,0000002	170000	1,336792397		
					-21,9258	0,78				1,703093	2,183452
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,78087282			0,0000002	170000	1,336792397		
					-20,1449	0,89				3,039885	3,415601
Termoträ	0,195	0,038	5,131578947	37,6298978			0,000014	13928,57	0,109527108		
					17,48496	14,91				3,149412	0,211228
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,78087282			0,0000002	170000	1,336792397		
					19,26584	16,59				4,486205	0,270416
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,78087282			0,0000002	170000	1,336792397		
					21,04671	18,32				5,822997	0,317849
Rsi			0,13	0,95329074				0,36	2,83085E-06		
Inne					22	19,41				5,823	0,3
Summa			6,273007519					693929			

Plastfolie											
Skikt	Dim	λ	R (m ² k/W)	ΔT (C°)	T (C°)	Vs	δ (m ² /s)	z (s/m)	ΔV (g/m ³)	v (g/m ³)	Uppmätt R
Ute					6	7,27				4,83455	0,665
Rse			0,04	0,10170018				0,06	2,20151E-08		
					6,1017	7,31				4,83455	0,661361
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61746538			0,0000002	170000	0,062375995		
					6,719166	7,61				4,896926	0,643486
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61746538			0,0000002	170000	0,062375995		
					7,336631	7,91				4,959302	0,626966
Termoträ	0,195	0,038	5,131578947	13,0470626			0,000014	13928,57	0,005110638		
					20,38369	17,69				4,964413	0,280634
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61746538			0,0000002	170000	0,062375995		
					21,00116	18,32				5,026789	0,274388
Plastfolie	0,0002	0,01	0,02	0,05085009			1E-10	2000000	0,73383523		
					21,05201	18,42				5,760624	0,312737
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61746538			0,0000002	170000	0,062375995		
					21,66947	19,07				5,823	0,305349
Rsi			0,13	0,33052559				0,36	1,3209E-07		
Inne					22	19,41				5,823	0,3
Summa			6,293007519					2693929			

Plastfolie											
Skikt	Dim	λ	R (m ² k/W)	ΔT (C°)	T (C°)	Vs	δ (m ² /s)	z (s/m)	ΔV (g/m ³)	v (g/m ³)	Uppmätt RF
Ute					-24	0,55				0,36575	0,665
Rse			0,04	0,29238802				0,06	1,21546E-07		
					-23,7076	0,64				0,36575	0,571485
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,77521297			0,0000002	170000	0,344378973		
					-21,9324	0,78				0,710129	0,910422
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,77521297			0,0000002	170000	0,344378973		
					-20,1572	0,89				1,054508	1,184841
Termoträ	0,195	0,038	5,131578947	37,510305			0,000014	13928,57	0,028215924		
					17,35312	14,83				1,082724	0,073009
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,77521297			0,0000002	170000	0,344378973		
					19,12833	16,39				1,427103	0,087072
Plastfolie	0,0002	0,01	0,02	0,14619401			1E-10	2000000	4,051517332		
					19,27453	16,59				5,47862	0,330236
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,77521297			0,0000002	170000	0,344378973		
					21,04974	18,42				5,822999	0,316124
Rsi			0,13	0,95026106				0,36	7,29273E-07		
Inne					22	19,41				5,823	0,3
Summa			6,293007519					2693929			

Masonit												
Skikt	Dim	λ	$R \text{ (m}^2\text{k/W)}$	$\Delta T \text{ (C}^\circ\text{)}$	$T \text{ (C}^\circ\text{)}$	V_s	$\delta \text{ (m}^2\text{/s)}$	$z \text{ (s/m)}$	$\Delta V \text{ (g/m}^3\text{)}$	$v \text{ (g/m}^3\text{)}$	Upmätt RF	
Ute					6	7,27				4,84182	0,666	
Rse			0,04	0,10121766				0,06	8,45931E-08			
					6,101218	7,31				4,84182	0,662356	
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61453577			0,0000002	170000	0,239680488			
					6,715753	7,61				5,081501	0,66774	
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61453577			0,0000002	170000	0,239680488			
					7,330289	7,91				5,321181	0,672716	
Termoträ	0,195	0,038	5,131578947	12,9851598			0,000014	13928,57	0,019637687			
					20,31545	17,59				5,340819	0,303628	
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61453577			0,0000002	170000	0,239680488			
					20,92998	18,21				5,580499	0,306452	
Masonit	0,004	0,08	0,05	0,12652207			0,000002	2000	0,00281977			
					21,05651	18,42				5,583319	0,303112	
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61453577			0,0000002	170000	0,239680488			
					21,67104	19,07				5,822999	0,305349	
Rsi			0,13	0,32895738				0,36	5,07559E-07			
Inne					22	19,41				5,823	0,3	
Summa			6,323007519					695929				

Masonit												
Skikt	Dim	λ	$R \text{ (m}^2\text{k/W)}$	$\Delta T \text{ (C}^\circ\text{)}$	$T \text{ (C}^\circ\text{)}$	V_s	$\delta \text{ (m}^2\text{/s)}$	$z \text{ (s/m)}$	$\Delta V \text{ (g/m}^3\text{)}$	$v \text{ (g/m}^3\text{)}$	Upmätt RF	
Ute					-24	0,55				0,3663	0,666	
Rse			0,04	0,29100076				0,06	4,70453E-07			
					-23,709	0,64				0,3663	0,572344	
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,76679033			0,0000002	170000	1,332950648			
					-21,9422	0,78				1,699251	2,178527	
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,76679033			0,0000002	170000	1,332950648			
					-20,1754	0,89				3,032202	3,406968	
Termoträ	0,195	0,038	5,131578947	37,3323345			0,000014	13928,57	0,109212343			
					17,15692	14,65				3,141414	0,214431	
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,76679033			0,0000002	170000	1,332950648			
					18,92371	16,2				4,474365	0,276195	
Masonit	0,004	0,08	0,05	0,36375095			0,000002	2000	0,015681772			
					19,28746	16,59				4,490047	0,270648	
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,76679033			0,0000002	170000	1,332950648			
					21,05425	18,42				5,822997	0,316124	
Rsi			0,13	0,94575247				0,36	2,82272E-06			
Inne					22	19,41				5,823	0,3	
Summa			6,323007519					695929				

Hårdvax											
Skikt	Dim	λ	R (m ² k/W)	ΔT (C°)	T (C°)	Vs	δ (m ² /s)	z (s/m)	ΔV (g/m ³)	v (g/m ³)	Uppmätt F
Ute					6	7,27				4,85636	0,668
Rse			0,04	0,10202443				0,06	8,81011E-08		
					6,102024	7,31				4,85636	0,664345
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61943402			0,0000002	170000	0,249619809		
					6,721458	7,61				5,10598	0,670957
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61943402			0,0000002	170000	0,249619809		
					7,340892	7,91				5,3556	0,677067
Termoträ	0,195	0,038	5,131578947	13,0886601			0,000014	13928,57	0,020452043		
					20,42955	17,69				5,376052	0,303903
Råspont Hårdvax	0,034	0,14	0,242857143	0,61943402			0,000000253	134387,4	0,197327912		
					21,04899	18,32				5,57338	0,304224
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	0,61943402			0,0000002	170000	0,249619809		
					21,66842	19,07				5,822999	0,305349
Rsi			0,13	0,33157939				0,36	5,28607E-07		
Inne					22	19,41				5,823	0,3
Summa			6,273007519					658316,3			

Hårdvax											
Skikt	Dim	λ	R (m ² k/W)	ΔT (C°)	T (C°)	Vs	δ (m ² /s)	z (s/m)	ΔV (g/m ³)	v (g/m ³)	Uppmätt F
Ute					-24	0,55				0,3674	0,668
Rse			0,04	0,29332023				0,06	4,97232E-07		
					-23,7067	0,64				0,3674	0,574063
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,78087282			0,0000002	170000	1,408824207		
					-21,9258	0,78				1,776225	2,277211
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,78087282			0,0000002	170000	1,408824207		
					-20,1449	0,89				3,185049	3,578707
Termoträ	0,195	0,038	5,131578947	37,6298978			0,000014	13928,57	0,115428874		
					17,48496	14,91				3,300478	0,22136
Råspont Hårdvax	0,034	0,14	0,242857143	1,78087282			0,000000253	134387,4	1,113695025		
					19,26584	16,59				4,414173	0,266074
Råspont	0,034	0,14	0,242857143	1,78087282			0,0000002	170000	1,408824207		
					21,04671	18,32				5,822997	0,317849
Rsi			0,13	0,95329074				0,36	2,98339E-06		
Inne					22	19,41				5,823	0,3
Summa			6,273007519					658316,3			

Bilagor, del B

B1 – Beräkning av värmekonduktiviteten för termoträ

EPS, provets höjd: 1,0 cm

$$\lambda_{\text{Referens}} = 0,038 \text{ W/mK} \quad \Delta T = 42,85 - 26,1 = 16,75 \text{ °C} \quad q = 0,038 * \frac{16,75}{0,01} = 63,65 \text{ W/m}^2$$

$$\lambda_{\text{provbit}} = (q * 0,01) / \Delta T = \frac{63,65 * 0,01}{16,75} = 0,038 \text{ W/mK} \quad \lambda_{\text{EPS}} = 0,038 \text{ W/mK (ISOVER Styrolit S80)}$$

TERMOTRÄ, provets höjd: 1,2cm (densiteten 48 kg/ m³)

$$\lambda_{\text{Referens}} = 0,038 \text{ W/mK} \quad \Delta T = 42,95 - 25,75 = 17,2 \text{ °C} \quad q = 0,038 * \frac{17,2}{0,012} = 54,47 \text{ W/m}^2$$

$$\lambda_{\text{provbit}} = (q * 0,012) / \Delta T = \frac{54,47 * 0,012}{17,2} = 0,038 \text{ W/mK} \quad \lambda_{\text{TERMOTRÄ}} = 0,039 \text{ W/mK}$$

TERMOTRÄ, provets höjd: 1,0 cm (densiteten 40,54 kg/ m³)

$$\lambda_{\text{Referens}} = 0,038 \text{ W/mK} \quad \Delta T = 42,9 - 26,55 = 16,35 \text{ °C} \quad q = 0,038 * \frac{16,35}{0,01} = 62,13 \text{ W/m}^2$$

$$\lambda_{\text{provbit 2}} = (q * 0,01) / \Delta T = \frac{62,13 * 0,01}{16,35} = 0,038 \text{ W/mK} \quad \lambda_{\text{TERMOTRÄ}} = 0,039 \text{ W/mK}$$

B2 – Blower door-mätning, befintlig lägenhet, Hudiksvall

INSERT COMPANY LOGO

Building Air Leakage Test Results

In Compliance with European Norm EN13829

{BuildingPicture}

Building Details

Building Address: Västra Tullgatan 19 Hudiksvall	Elevation: Height above ground: Building Volume, V: Total envelope area, $A_{T\text{ BAT}}$ Building exposure to wind: Accuracy of measurements:	15 m 6 m 0 m³ 241 m² Highly protected building 10%
Test technician: ja Test company: Retrotec Customer		

Testing Details

Fan Model: Retrotec 2000	Fan SN: FT0050102	Gauge Model: DM-2	Gauge SN: 206981
-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------

Depressurize set

Date: **2012-03-30** Time: **15:12** to **15:28**

Environmental Conditions:

Barometric Pressure: **101,3** KPa from **Stand. temp. and pressure.**

Wind speed: **5: Fresh breeze**

Temperature: Initial: indoors **21 °C** outdoors **7 °C**.
Final: indoors **21 °C** outdoors **7 °C**.

Test Data:

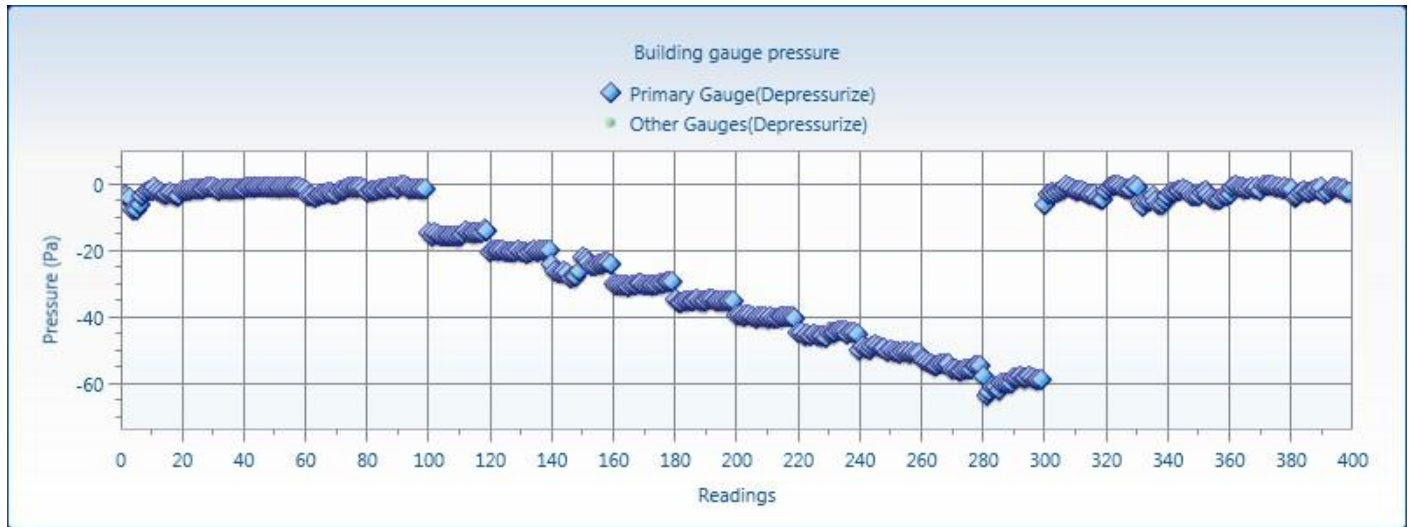
10 bias pressures taken for **10** sec each.

10 building pressures taken for **20** sec each.

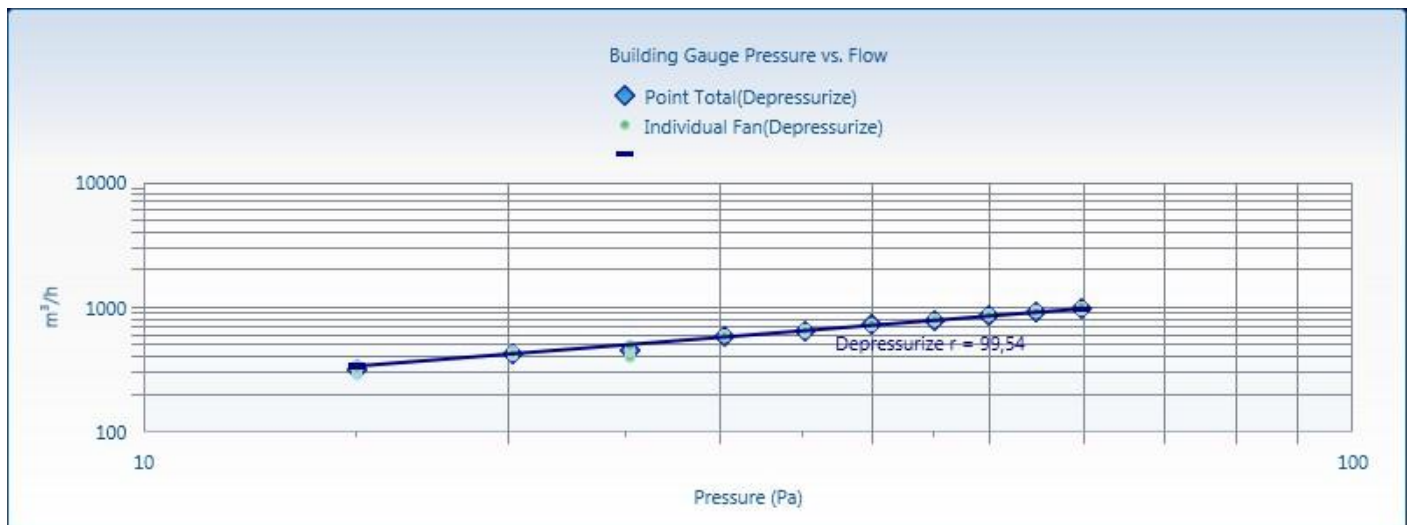
Bias, initial [Pa]	-4,30	-2,63	-1,55	-1,57	-0,95	-1,13	-3,11	-1,51	-1,62	-1,19		
Building Test Pressure [Pa]	-15,0	-20,2	-25,3	-30,2	-35,2	-40,0	-45,1	-50,0	-54,7	-59,6		
Bias, final [Pa]	-2,34	-3,01	-0,91	-5,02	-2,55	-3,59	-1,21	-0,87	-2,36	-1,71		
Door Fan Pressure, [Pa]	9,8	17,1	19,3	32	39,2	48,9	57,1	67,9	77,4	86,2		
Total flow, V_r [m ³ /h]	315,7	422,4	446,7	585,0	649,4	727,9	788,3	862,5	922,8	975,4		
Corrected flow, V_{env} [m ³ /h]	301,1	403,0	426,2	558,1	619,5	694,4	752,0	822,7	880,3	930,5		
Error [%]	0,6%	3,9%	-9,0%	2,8%	0,7%	1,7%	0,0%	0,6%	0,2%	-1,1%		

Bias pressure Averages: initial [Pa] ΔP_{01} **-1,96**, ΔP_{01-} **-1,96**, ΔP_{01+} **0,00**
 final [Pa] ΔP_{01} **-2,36**, ΔP_{01-} **-2,36**, ΔP_{01+} **0,00**

Building Gauge Pressure



Building Gauge Pressure vs. Flow



Depressurize Test Results

	Results				Results	95% confidence		Uncertainty
<i>Correlation, r [%]</i>	99,54	95% confidence limits		<i>Air flow at 50 Pa, V_{50} [m³/h]</i>	853,5	821,0	887,0	+/-0,0385
<i>Intercept, C_{env} [m³/h.Paⁿ]</i>	41,91	33,95	51,70	<i>Air changes at 50 Pa, n_{50} [/h]</i>		5,975	7,411	+/-0,1072
<i>Intercept, C_L [m³/h.Paⁿ]</i>	42,35	34,30	52,25	<i>Permeability at 50 Pa, q_{50} [m³/h.m²]</i>	3,541	3,162	3,92	
<i>Slope, n</i>	0,7677	0,7076	0,8278	<i>Specific Leakage at 50 Pa, w_{50} [m³/h.m²]</i>	12,021	10,733	13,309	+/-0,1072

Depressurize set

Date: **2012-03-30** Time: to **12:26**

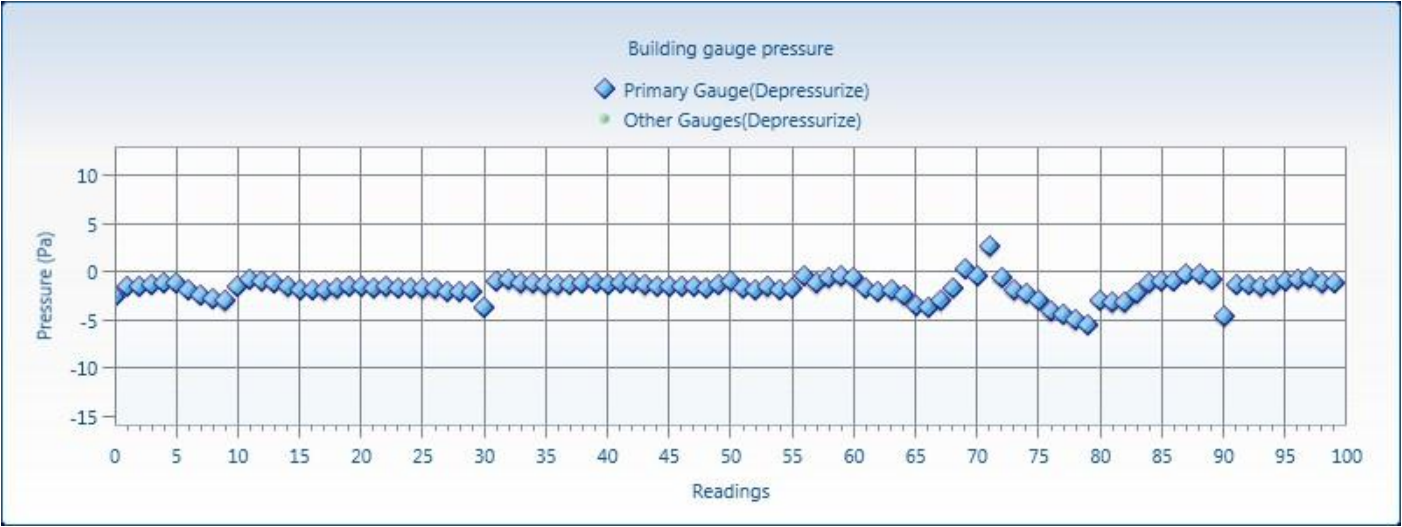
Environmental Conditions:

Barometric Pressure: **101,3** KPa from **Stand. temp. and pressure.**

Wind speed: **5: Fresh breeze**

Temperature: Initial: indoors **21 °C** outdoors **7 °C**.
Final: indoors **19 °C** outdoors **7 °C**.

Building Gauge Pressure



Air Leakage Reduction

	Change			% Change
<i>Air flow at 50 Pa, V_{50} [m^3/h]</i>	853,5			100,0000
<i>Air changes at 50 Pa, n_{50} [/h]</i>				
<i>Permeability at 50 Pa, q_{50} [$\text{m}^3/\text{h.m}^2$]</i>	3,541			100,0000
<i>Specific leakage at 50 Pa, w_{50} [$\text{m}^3/\text{h.m}^2$]</i>	-10,272			100,0000

Calibration Certificate

Retrotec 2000 FT0050102.						
Range	N	K	K1	K2	K3	K4
Open(22)	0,5214	486,99	-0,07	0,8	-0,115	1,067
A	0,503	259,038	-0,075	1	0	1,023
B	0,5	174,8824	0	0,3	0	1
C8	0,5	78,5	-0,02	0,5	0,016	1
C6	0,505	61,3	0,054	0,5	0,004	1
C4	0,514	39,3	0,08	0,5	0,0005	1
C2	0,55	20	0,139	0,5	-0,0027	1
C1	0,541	11,9239	0,122	0,4	0	1
L4	0,48	4,0995	0,003	1	0,0004	1
L2	0,502	2,0678	0	0,5	0,0001	1
L1	0,4925	1,1614	0,1	0,5	0,0001	1



CERTIFIKAT

Nr 16 56 01

B3 – Termoträ, Certifikat enligt standard för VIM-kontroll

Termoträ, isolering i klass 39

Innehavare/Utfärdat för

Svenska Termoträ AB, Oppsättarvägen 28, 811 71 JÄRBO

Produkt

Lösfyllnadsisolering av cellulosafibermassa blåst av behörig isolerentreprenör. *

Produktnamn

Termoträ standard

Avsedd användning

Värmeisolering för:

- (A) vindsbjälklag, med vindsutrymmen som brandavskiljs enligt BBR 5:64, respektive
- (B) användning i slutna ej inspekterbara konstruktioner som väggar, snedtak och bjälklag.

Kravspecifikation

2 § BVL – lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (SFS 1994:847) avseende energihushållning och värmeisolering; Boverkets Byggregler (BBR 2002): Klimatskärm 9:21

Godkännande

1. Värmekonduktivitet, λ_D enligt VIM-Kontrollens certifieringsregler för deklarerad värmekonduktivitet
2. Praktiskt tillämpbar värmekonduktivitet, λ_{ber} med erforderlig korrekteringsterm $\Delta\lambda_w$ enligt Boverkets rapport ”Termiska beräkningar” november 2003.
3. Sättningspåslag (användningsområde A)

Användningsområde (A) vindsbjälklag

Beteckning	Densitet kg/m ³	Fuktkvot kg/kg	Värmekonduktivitet W/(mK)			Sättningspå- slag %	Leverans- fuktkvot Kg/kg
Termoträ lösfyllnads- isolering	ρ_p vid $u = 0$ kg/m ³	u_{max}	λ_D	$\Delta\lambda_w$	λ_{ber}	P	u
Termoträ 39	$\geq 26^{**}$	0,23	0,039	0	0,039	20	0,18

****Densitet ρ_p efter sättning**

* Med behörig isolerentreprenör avses isolerentreprenör som har ”Beslut om tillverkningskontroll”

Typgodkännandebevis utfärdat av ackrediterat certifieringsorgan
16 56 01 daterat 8 juli 2008 Sidan 1(3)

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Postadress Tfn / Fax Org.nummer E-post / Internet
SP 010-516 50 00 556464-6874 info@sp.se
Box 857 033-13 55 02 www.sp.se
501 15 Borås

Ackrediterade certifieringsorgan för utfärdande av typgodkännandebevis utses av SWEDAC (Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll) enligt lag. Detta typgodkännandebevis får endast återges i sin helhet, om inte SP i förväg skriftligen godkänt annat



Användningsområde B, isolering i ej inspekterbara konstruktioner

Beteckning Termoträ standard	Ddensitet ρ_p vid $u = 0 \text{ kg/m}^3$	Värmekonduktivitet $W/(mK)$		
		λ_D	$\Delta\lambda_w$	λ_{ber}
Klass 39 i väggar	≥ 41	0,039	0	0,039
Klass 39 i snedtak	≥ 35	0,039	0	0,039
Klass 39 i slutna bjälklag	≥ 35	0,039	0	0,039

Tillhörande handlingar

för användningsområde A

- Materialspecifikation daterad 1998-11-12
- Arbetsanvisningar för Termoträ daterade 2004-05-19

för användningsområde B

- Materialspecifikation daterad 2001-10-16
- Arbetsanvisningar för Termoträ i slutna konstruktion "Arbetsanvisningar avseende platssprutade väggar, snedtak och golv" daterad 2001-10-16.

Märkning

Produkt eller förpackning skall förses med märkning som innehåller Boverkets märke och SPs identifikationsnummer (avbildade nedan till höger), namn eller inregistrerat varumärke för företaget som svarar för produkten, certifikatnummer, tillverkningsställe, fabriksbeteckning eller motsvarande, tillverkningsdatum eller motsvarande, värmekonduktivitetsklass och säckvikt.

Märkningen skall också innehålla besiktningsorganets namn eller märke.

Tillverkningskontroll

Tillverkningskontroll skall ske enligt "VIM-Kontrollens certifieringsregler för deklarerad värmekonduktivitet".

Tillverkningskontrollen innefattar även kontroll av utfört isoleringsarbete, sk installationskontroll, vilken skall utföras av ett antal slumpvis utvalda isoleringsobjekt. Installationskontrollens utformning regleras i avtal mellan entreprenör och ackrediterat besiktningsorgan.



Typgodkännandebevis utfärdat av ackrediterat certifieringsorgan
16 56 01 daterat 8 juli 2008 Sidan 2(3)

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Postadress
SP
Box 857
501 15 Borås

Tfn / Fax
010-516 50 00
033-13 55 02

Org.nummer
556464-6874

E-post / Internet
info@sp.se
www.sp.se

Ackrediterade certifieringsorgan för utfärdande av typgodkännandebevis utses av SWEDAC (Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll) enligt lag. Detta typgodkännandebevis får endast återges i sin helhet, om inte SP i förväg skriftligen godkänt annat

Bedömningsunderlag

Provningsrapporter från SP nr P002465-02C, F302805A-C, F302805-04A och F407669 (område A) respektive P002465-01BX daterad 2000-10-10, P002465-01CX daterad 2002-01-29, 97H3027a daterad 1997-05-07, P002465-01C daterad 2002-01-29 samt provningsrapport från MPA NRW nr 22 0379 1 92 daterad 1993-02-03 (område B).

Övrigt

Observera att detta typgodkännandebevis endast avser isoleringsprodukten och inte en komplett konstruktion. Med produkt menas isoleringen utlagd på bjälklaget med föreskriven tjocklek och densitet, respektive i väggar.

Stomme, bjälkar, reglar och diffusionsspärr skall monteras enligt anvisningar i HUS AMA.

Varje leverans till byggarbetsplatsen skall åtföljas av en tillverkarförsäkran där det skall framgå att tillverkning skett i enlighet med typgodkännandebeviset och de handlingar som utgjort underlag för typgodkännandebeviset.

Förteckning över behöriga isolerentreprenörer finns tillgänglig hos SITAC, Karlskrona.

Övriga villkor är enligt SP-certifierings "Regler för typgodkännande av värmeisolering" SPCR 082.

Detta certifikat ersätter certifikat nr 16 56 01 ursprungligen utfärdat den 11 september 1998 samt 16 56 04 ursprungligen utfärdat den 15 april 2002.

Giltighetstid

Detta typgodkännande och beslut om tillverkningskontroll är giltigt längst t o m den 8 juli 2013.

Borås den 8 juli 2008

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut Certifiering

Lennart Månsson
Chef Certifiering



Ingvar Sahlin
Certifieringsingenjör

Typgodkännandebevis utfärdat av ackrediterat certifieringsorgan
16 56 01 daterat 8 juli 2008 Sidan 3(3)

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Postadress	Tfn / Fax	Org.nummer	E-post / Internet
SP	010-516 50 00	556464-6874	info@sp.se
Box 857	033-13 55 02		www.sp.se
501 15 Borås			

Ackrediterade certifieringsorgan för utfärdande av typgodkännandebevis utses av SWEDAC (Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll) enligt lag. Detta typgodkännandebevis får endast återges i sin helhet, om inte SP i förväg skriftligen godkänt annat



B4 – Indata till BV²

Fjärrvärme = 6500 kWh/m² * år (gäller för både värme- och varmvattenförbrukningen).

Fastighetselen består endast av en rörelsestyrd lampa utanför entrén, har inte fått tillgång till denna förbrukning.

Konstruktion:

- Platta på mark, 120mm betong, 400 mm underliggande cellplast. Golvvärme.
- tak: lättreglar & 500 mm termoträ
- väggar: 195 mm regel & termoträ. Ytterväggen har två skiften panel utvändigt, 70mm spåntat trä invändigt.
- "vanligt bjälklag"

U-värden:

- Fönster: 1,1 W/m²K
- Vägg: 0,162 W/m²K (utan masonit och PE-folie)
- Tak: 0,067 W/m²K
- Grund: 0,068 W/m²K (λ_{mark} antas vara 1,4 W/mK (antas vara dränerad sand eller grus))

Ytor:

- Golvarea: 71 m², golvarea nedre plan = 45 m² (omkrets: 31m)
- A_{oms} : 241 m²
- väggareor är beräknade ifrån de inre måtten + väggarnas tjocklek (överslagsberäkning)
 - Norr: 5,6m bred, 2,7m hög A: 15,12 kvm
 - Väster: 9,7m lång, 2,7+0,3+2,0= 5m hög A: 48,5 kvm
 - Öster: 9,7m lång, 2,7+0,3+3,5= 6,5m hög A: 63,05 kvm
 - söder: 5,6m bred, 2,7+0,3+2,0 (3,5) = 5m (6,5m) hög A: 32,2 kvm
 - (5,6*5+(5,6*1,5)/2) $A_{\text{vägg}}$: 158,87 kvm
- takarea: 60 kvm
- fönster (solfaktor: 0.63)
 - norr: 0 kvm väster: ca 1,2 kvm öster: 8 kvm söder: 1,0 kvm

Flöde, frånluftsdon

- Köksfläkten, avstängd - 0 l/s, läge 1 – 14 l/s, läge 2 – 16 l/s, läge 3 – 18 l/s (våldigt fett filter)
- Fläkt badrum uppe, ca 17 l/s vid forcering, annars troligen 0 l/s (stosens hade dålig anläggning mot vägg)
- Fläkt badrum nere, ca 17 l/s vid forcering, annars troligtvis 0 l/s (stosen hade dålig anläggning mot vägg)

Badrummen är försedda med paxfläktar, vilka har kallrasskydd. Dessa igångsätts med belysningsknappen och har fördröjd avstängning.

Temperatur & RF

- 20,5 °C inomhus, nedre plan, RF: 37,4 %
- 21,2 °C inomhus, övre plan, RF: 36,5 %
- 23,6 °C badrum uppe, RF: 38,6 %

- +7 °C Ute, RF: 50,5 % Väder: Mulet, blåsig

B5 – Energisimuleringar från BV²

Energisimuleringen har utförts utifrån energikartläggningen i Hudiksvall samt provväggens uppmätta U-värden (och den befintliga byggnadens beräknade U-värden). Det råder samma förhållanden för alla beräkningar då utgången har varit självdragssystem, samma yta och övriga konstruktionsdelar.

De beräkningar som kallas energikartläggningen symboliserar den besökta lägenheten i Hudiksvall, dessa beräkningar grundar sig på det beräknade U-värdet för väggkonstruktionen.

Energikartläggningen, Hudiksvall, figur B5.1.

Producerad värme

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	5989 kWh	---	2100 kWh	8089 kWh

Köpt bränsle för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	6111 kWh fjärrvärme	---	2143 kWh fjärrvärme	8254 kWh fjärrvärme

Bränslekostnad för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	6 111 kr	---	2 143 kr	8 254 kr

Obehandlad råspont + masonit + PE, figur B5.2.

Producerad värme

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4640 kWh	---	2100 kWh	6740 kWh

Köpt bränsle för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4735 kWh fjärrvärme	---	2143 kWh fjärrvärme	6877 kWh fjärrvärme

Bränslekostnad för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4 735 kr	---	2 143 kr	6 877 kr

Hårdvaxbehandlad råspont + masonit + PE, figur B5.3

Producerad värme

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4800 kWh	---	2100 kWh	6900 kWh

Köpt bränsle för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4898 kWh fjärrvärme	---	2143 kWh fjärrvärme	7041 kWh fjärrvärme

Bränslekostnad för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4 898 kr	---	2 143 kr	7 041 kr

Hårdvaxbehandlad råspont, figur B5.4.

Producerad värme

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4417 kWh	---	2100 kWh	6517 kWh

Köpt bränsle för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4507 kWh fjärrvärme	---	2143 kWh fjärrvärme	6650 kWh fjärrvärme

Bränslekostnad för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4 507 kr	---	2 143 kr	6 650 kr

Hårdvaxbehandlad råspont + springor, figur B5.5

Producerad värme

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4401 kWh	---	2100 kWh	6501 kWh

Köpt bränsle för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4490 kWh fjärrvärme	---	2143 kWh fjärrvärme	6633 kWh fjärrvärme

Bränslekostnad för värmeproduktion

	Radiatorer	Ventilation	Tappvatten	Totalt
Fjärrvärme	4 490 kr	---	2 143 kr	6 633 kr

B6 – Teknisk information, klimatskåp & värmeflödesmätare

Weiss Wk 11¹⁸⁰ – Klimatskåp

KARAKTERISTIK FÖR KLIMATTEST²⁾

TEKNISKA DATA

Beurteilung für Temperatur- und Klimaprüfstände
Kard. Nr. S 6420825 07 2013

3.7 Karaktēristik f6r klimattēst²⁾

- → 3.7.1 Fuktaltēstadiagram (sida 22).

Klimattēstskåp

		Enhet									
Data f6r fuktēstadiagrammet		WK 180/40	WK 180/70	WK 340/40	WK 340/70	WK 600/40	WK 600/70	WK 1000/40	WK 1000/70	WK 1500/40	WK 1500/70
F6rdrēsb6hållarens innehåll	ca.	20									
Vattenkvållitet		Denneraliserat									
pH-vårde		6 – 7									
Lēdnēgsf6rmåga	max.	10									
Vattenf6rbuktēning	l/24 h	2									
Vårde konstant + 40 °C, 92 %RH											
Temperatur6mnråde	°C	+10 till +95									
Fuktaltēst6mnråde	% RH	10 till 98									
RF, relativ fuktēgt											
Temperatur- och fuktaltēstskiltērader (f6rsvågt tillstānd, enligt IEC 60068 3-5)											
Tid6mnråssēg temperaturvariatēn	K	± 0,1 till ± 0,3									
I mēten av anvānt utrymme											
R6mnråssēg temperaturvariatēn	K	± 0,5 till ± 1									
(m6tsvarar temperaturgrādiēnt)		1 till 2									
Fuktaltēstvariatēn	% RH	± 1 till ± 3									
I mēten av anvāmt utrymme											
Vårmekompēnsatēn	W	500									
I omnrådet frām +25 °C till +95 °C v.d. 6m nråssēg fuktēgt pā upp till 90 %											

Tabell 3-7
Data f6r klimattēst

1) Tillval
2) Endast klimattēstskåp
3) Endast tēstskåp fr6m 500 l

Hukseflux – Värmeflödesmätare



Hukseflux Thermal Sensors B.V.

URL: www.hukseflux.com

E-mail: info@hukseflux.com

The Netherlands

Certificate of calibration

Type: HFP01-05
Serial number: 6863

Calibration date: 21-03-2012
Cable length: 05 m
Sensitivity: 63.4 $\mu\text{V}/(\text{Wm}^{-2})$
Remarks:
Performed by: Tim Meskers

Connections:

Cable	Wire	
1	White	Signal [+]
1	Green	Signal [-]
1	Black	Shield

VF 1

Traceability of calibration is to the "guarded hot plate" of National Physical Laboratory (NPL) of the UK. Applicable standards are ISO 8302 (EN 12664:2001) and ASTM C177.



Hukseflux Thermal Sensors B.V.

URL: www.hukseflux.com

E-mail: info@hukseflux.com

The Netherlands

Certificate of calibration

Type: HFP01-05
Serial number: 6862

Calibration date: 21-03-2012
Cable length: 05 m
Sensitivity: 61.4 $\mu\text{V}/(\text{Wm}^{-2})$
Remarks:
Performed by: Tim Meskers

Connections:

Cable	Wire	
1	White	Signal [+]
1	Green	Signal [-]
1	Black	Shield

VF2

Traceability of calibration is to the "guarded hot plate" of National Physical Laboratory (NPL) of the UK. Applicable standards are ISO 8302 (EN 12664:2001) and ASTM C177.

B7 – Exempel på skarvar mellan lufttätande skikt

3.1.3 Indraget tätskikt

I byggnader med tjock isolering och korsande regelverk kan indraget tätskikt av t ex plastfolie användas.

Skilnaden mellan **invändigt indraget tätskikt** och **invändigt tätskikt** är att det invändiga indragna skiktet ligger mer skyddat från brukarens påverkan, t ex taveluppsättningar. Dessutom kan eldragningar förläggas i klimatskärmen utan att hål behöver göras i plastfolien. Observera att skiktet inte får placeras för långt ut i klimatskärmen, eftersom inomhusluften kommer att strömma ut i konstruktionen tills den stöter på plastfolien, se kapitel 2.2.



Figur 9: Indraget tätskikt

3.1.4 Homogen lufttät konstruktion

I detta fall har konstruktionen byggts upp i betong eller lättbetong.

Fördelen med en homogen konstruktion är god lufttätning lätt kan uppnås. Dessutom kan ledningar förläggas i en kanal i konstruktionen tidigare konstruktionslösningar, där installerat ser igenom det lufttät skiktet).

Nackdelen är dock att det måste finnas ningar för lufttätningen mellan element. Den ring måste även ha lång livslängd.



Figur 10: Homogen lufttät konstruktion.

3.2 SKARVAR MELLAN LUFTTÄTANDE SKIKT

Det finns olika sätt att sätta en skarv som bildas då två lufttätningsskikt av t ex plastfolie möts. Här exempel (Levin P, 1991):

3.2.1 Överlapp med klämning

En metod är att låta folien överlappas med ca 20 cm. Överlappet häftas mot regeln med t ex en häftpistol. En gipskiva eller klämläkt monteras sedan utanpå och skarven kläms längs hela sin längd mot regel.



Figur 11: Skarvning mellan de lufttäta skikten med hjälp av överlappning och klämning.

3.2.2 Svetsning

Om höga krav ställs på lufttätheten, t ex när som skall stå emot stora tryck eller tighet, bör lufttätningens skarv svetsas. Material för lufttätningen är i detta fall plast.

Metoden kan också vara lämplig om understöds av ett fast material.



Figur 12: Skarvning mellan de lufttäta skikten att svetsa ihop skarven.

3.2.3 Vikning

En annan metod att skarva det lufttätande skiktet är att låta foliernas kanter vikas om varandra och sedan fästas mot en regel med hjälp av t ex häftpistol. Utanpåliggande gipsskiva monteras sedan och klämmer folierna längs hela sin längd mot regeln.

Metoden ger ett dåligt underlag för utanpåliggande skivmaterial, eftersom vikningen ger ett "buckligt" underlag.



Figur 13: Skarvning mellan de lufttöta skikten sker genom att foliernas kanter viks om varandra.

3.2.4 Fogad skarv

En annan metod att tätta skarven i det lufttöta skiktet är att fästa den ena folien mot ytterväggsregeln och sedan lägga en sträng fogmassa längs foliens infästning (använd en fogmassa som inte bryter ner plastfolien d v s minskar plastfoliens livslängd). Den andra folien läggs över och fästs i regeln. Utanpåliggande gipsskiva monteras sedan och klämmer folierna längs hela sin längd mot regeln.



Figur 14: Skarvning mellan de lufttöta skikten sker genom att lägga en sträng fogmassa längs skarven och sedan klämma denna med hjälp av t ex en gipsskiva.

3.2.5 Dubbelhäftande tätningsband

Vid tätning av skarv i detta fall används ett dubbelhäftande tätningsband. Den ena folien fästs mot ytterväggsregeln och ett dubbelhäftande tätningsband läggs längs foliens infästning. Den andra folien läggs över och fästs i regeln. Utanpåliggande gipsskiva monteras sedan.



Figur 15: Skarvning mellan de lufttöta skikten sker genom dubbelhäftande tätningsband.

3.2.6 Skarvlist

Vid tätning av skarv i detta fall används en skarvlist i form av en U-formad skena. Lufttätningsskiktet läggs i överlapp över skenan och ett plasterör trycks sedan ner i skenan och klämmer på så sätt skarven. Nackdelen med metoden är att tätningen upptill respektive nedtill är svår att få lufttät.

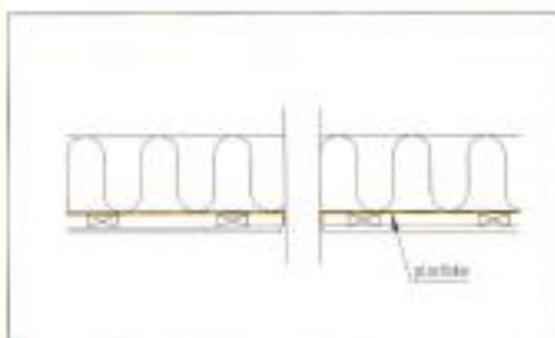


Figur 16: Skarvning mellan de lufttöta skikten sker med hjälp av skarvlist.

3.2.7 Tejpning

Att tejsa skarvar är ingen metod som rekommenderas (Hus AMA 83, 1983). Orsaken är att tejpens åldringsbeständighet är osäker. Dessutom kan tejp kemiskt bryta ner vissa folier, t ex plastfolier.

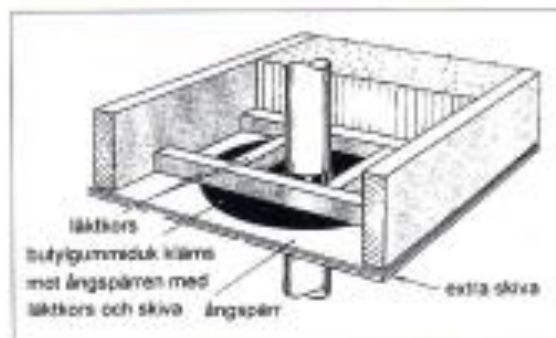
Cirkulär kanalgenomföring i träkonstruktion



Figuren visar ett verkalksnitt genom en cirkulär kanalgenomföring i träkonstruktion (Erix P, 1991).

Vid cirkulära rörgenomföringar, för t ex spinnrör, avloppsrör och rör för elledningar, kan ett hål i plastfolien göras. Hålets diameter i plastfolien görs mindre än rördiametern. Röret förs sedan försiktigt genom hålet så att en krage formas. Genomföringarna fixeras innan genomföring av rör, annars kan plastfolien deformeras och läckage uppstå.

Observera att om rörgenomföringar för t ex elledningar innehåller icke använda utgångar bör dessa lufttätas med hjälp av t ex fogmassa.



Figuren visar en lösning att lufttätta en cirkulär genomföring i träkonstruktion (Erix P och Levin P, 1993a).

Cirkulära kanalgenomföringar kan också tätas med hjälp av gummiduk av butyl- eller rågummi. Duken har ett stansat hål, som är mindre än genomföringen. På detta sätt kommer duken att täta runt kanalen.

Anslutningen mellan ängspärren och duken tätas med hjälp av klämning, fogmassa, tätningsband eller svetsning. I ovanstående figur har tätningen utförts med hjälp av klämning. En skiva spikas fast mellan glespanelen och ett lättkors spikas fast ovanifrån.

Problem kan uppstå då flera kanalgenomföringar finns tätt intill varandra. Ett sätt att lösa detta är att ta en större butylgummiduk och skära ut hål motsvarande rören positioner. Därefter träs butylgummiduken över dessa. Observera att rören bör vara fixerade innan detta utförs.

B8 – Medeltemperatur för Hudiksvall under ett normalår (1961 – 1990)

ÅRET 2011 – LUFTTEMPERATUR

SMHI – 2011

Station	Startår för data senare än 1901	Årsmedeltemperatur, °C						Maximi- och minimitemperatur, °C												Antal	
		2011	Normal 1961-90	Högsta sedan 1901	År	Lägsta sedan 1901	År	Medel max	Medel min	Högsta	Dag	Högsta sedan 1901	År	Lägsta	Dag	Lägsta sedan 1901	År	Frostdagar	Högstomånad		
Naimakka	1944	-0.3	-3.0	-0.3	1953	-4.8	1966	4.2	-4.7	29.1	10/6	29.4	1945	-42.6	15/2	-48.9	1999	215	10		
Karesuando		0.2	-2.3	0.8	1938	-4.5	1966	4.5	-3.9	26.9	9/6	32.5	1927	-41.5	15/2	-49.0	1999	211	10		
Katterjåkk	1969	0.6	-1.7	0.4	1990	-2.9	1981	4.1	-2.4	26.0	9/7	27.8	1972	-29.1	24/2	-35.2	1980	197	10		
Kiruna-Esrange	1901	0.8	-1.9	0.7	1938	-3.8	1915					31.6	1945			-43.3	1999				
Tarfala	1965	-1.6	-4.2	-2.1	1972	-5.8	1966					21.3	2003			-31.9	2010				
Nikkaluokta	1951	-0.2	-2.6	-0.3	1959	-4.8	1966	4.7	-5.4	26.5	11/6	28.5	2011	-42.6	24/2	-49.4	1966	211	10	4	
Rossem	1981	1.5	-1.0	1.5	1990	-1.9	1985	4.9	-1.6	26.4	11/6	30.1	2003	-37.9	11/2	-43.0	1994	182	10		
Gällivare	1948	1.3	-1.1	0.9	2000	-1.5	2010	5.7	-3.5	30.6	11/6	30.6	2011	-37.9	11/2	-43.0	1994	208	10		
Kvikkjokk-Ärenjarka	1989	1.0	-1.4	1.1	1938	-3.5	1915	5.5	-3.6	30.6	10/6	32.6	1945	-37.1	23/2	-43.0	1915	206	10		
Jokkmokk		1.5	-1.4	2.1	1938	-3.3	1985			30.5	11/6	34.5	1945	-38.1	15/2	-46.0	1924	200	11		
Arjeplog	1945	1.8	-0.7	1.6	2008	-2.6	1966	5.9	-2.1	28.6	10/6	31.5	1972	-31.8	15/2	-42.2	1978	195	10	6	
Arvidsjaur	1998	2.3	-0.1	2.0	2000	-0.9	2010			29.6	10/6	30.2	2008	-35.4	15/2	-41.3	1999	197	10		
Hemavan	1901	2.0	-0.8	3.0	1938	-2.7	1915	6.1	-2.1	29.8	10/6	31.0	1941	-37.4	23/2	-48.0	1978	186	10		
Sorsele	1969	2.0	-0.4	1.8	1990	-3.0	1978			29.9	10/6	30.5	2003	-36.3	11/2	-44.0	1978	190	10		
Gunnarn		2.7	0.5	2.8	2000	-2.6	1915	7.5	-2.1	29.5	10/6	32.1	1988	-35.3	15/2	-45.5	1915	192	11		
Lypsele	1945	3.2	0.6	3.2	1949	-1.6	1985	8.4	-2.2	31.6	11/6	33.2	1945	-37.9	15/2	-43.0	1956	194	18		
Vilhelmina	1968	2.5	-0.1	2.1	2006	-1.3	2010	7.3	-2.6	28.3	10/6	30.9	2003	-34.7	14/2	-41.1	1999	206	11		
Pajala	1940	1.5	-1.0	1.7	2000	-2.9	1985	8.1	-3.6	30.1	10/6	32.0	1966	-38.5	17/2	-45.2	1966	221	12		
Överkalix-Svanbyn	1962	2.8	0.3	2.6	1989	-1.3	1966	7.3	-1.7	33.1	10/6	33.8	1966	-35.7	17/2	-48.0	1966	198	18		
Haparanda		3.4	1.2	4.3	1938	-1.6	1902	7.3	-0.4	31.4	10/6	32.5	1970	-32.7	18/2	-41.7	1966	173	7		
Luleå flygplats	1944	3.8	1.6	3.8	2000	-0.6	1985	7.6	0.0	30.0	10/6	32.2	1953	-31.1	17/2	-41.0	1999	164	6		
Piteå		4.0	1.7	5.0	1938	-0.5	1915	8.2	-0.1	29.6	28/6	34.8	1945	-31.5	18/2	-41.5	1999	167	11		
Björklubb		4.6	2.3	5.0	1938	0.3	1985	8.0	2.0	27.4	8/7	30.7	2003	-26.7	17/2	-35.1	1999	133	6		
Vindeln-Sunnansjönäs	1946	4.1	1.5	5.7	2006	-1.5	1985	8.3	-0.4	31.2	11/6	33.3	1966	-28.1	15/2	-38.2	1978	171	10		
Umeå flygplats		4.6	2.7	5.5	1938	0.4	1985	8.1	-0.3	28.6	11/6	31.5	2003	-28.7	15/2	-38.2	1978	169	7		
Holmön		4.8	3.3	6.0	1934	1.0	1941	8.0	2.1	27.3	8/7	27.0	1941	-28.1	14/2	-34.0	1966	125	1		
Gaddede	1905	3.0	0.6	3.8	1938	-1.2	1915	6.6	-0.3	26.5	10/6	32.0	1933	-25.1	19/2	-40.4	1928	175	4		
Storlien-Storvallen	1962	3.5	1.1	3.1	2006	-0.9	2010	7.8	-0.5	26.7	11/6	30.0	2003	-27.3	13/2	-36.3	2010	193	4		
Höglekardalen	1962	3.2	0.9	3.8	2006	-0.9	2010	7.7	-1.4	26.6	28/6	28.7	2003	-26.7	13/2	-33.8	1967	208	3		
Frosön		5.1	2.5	4.8	1938	0.3	1915	8.6	1.9	27.2	28/6	33.0	1901	-22.7	19/2	-38.1	1978	140	4		
Höting	1998	3.5	1.3	3.5	2006	1.8	2001	8.1	-1.2	26.9	10/6	31.1	2003	-33.3	19/2	-39.4	1999	182	14		
Junsele	1909	3.7	1.5	4.4	1934	-0.7	1985	8.9	-1.5	31.3	11/6	32.2	2003	-32.6	15/1	-45.8	1987	194	20		
Forse	1901	4.3	2.2	5.3	1934	-0.1	1915	9.7	-0.6	31.0	11/6	32.6	2003	-30.8	15/1	-39.0	1987	181	20		
Skagsudde	1964	5.9	3.4	5.8	2008	1.3	1985	9.1	3.2	24.2	22/7	30.0	1967	-24.6	19/2	-31.3	1978	116	0		
Härnösand		5.6	3.8	6.3	1934	1.5	1985	9.5	1.9	26.4	28/6	32.7	1914	-27.3	19/2	-34.7	1978	140	6		
Torpshammar	1931	4.5	2.6	5.7	1934	0.4	1985	10.2	-0.7	29.8	28/6	34.8	1947	-30.6	19/2	-42.0	1979	188	20		
Sundsvalls flygplats	1943	4.9	3.1	5.2	1990	0.9	1985	9.8	0.3	27.0	11/6	33.0	1994	-30.7	19/2	-36.6	1978	179	5		
Brämön	1986	6.3	4.2	6.4	2008	3.7	2010			25.5	4/6	28.1	1995	-25.7	19/2	-25.8	1987	120	1		
Hedevisen	1937	2.9	0.6	3.6	1938	-1.4	1985			27.5	28/6	30.6	1988	-32.1	23/2	-44.2	1978	213	9		
Sveg		4.1	2.2	4.3	2006	-0.4	1915	8.8	-0.4	27.1	28/6	36.0	1933	-32.0	19/2	-42.6	1987	178	10		
Delabo		5.6	3.8	6.3	1934	1.6	1985	10.5	0.6	27.7	28/6	33.8	1994	-31.4	19/2	-35.9	1985	185	12		
Hudiksvall	1934	6.2	4.3	6.7	1975	2.5	1985	11.0	1.8	27.6	28/6	34.0	1994	-28.4	19/2	-33.7	1985	147	11		
Järvisö	1961	5.3	3.6	6.8	2000	1.4	1985			29.6	28/6	33.8	1975	-31.4	19/2	-36.6	1976	157	10		
Söderhamn	1946	6.3	4.3	6.8	1989	2.4	1985			27.5	28/6	35.1	1994	-29.0	24/2	-32.3	1986	141	12		
Gävle		6.6	4.6	7.6	1989	2.8	1941	11.1	2.0	29.7	7/6	36.4	1947	-29.4	24/2	-33.7	1956	129	14		

B9 – Medeltemperaturer & värmeflöde genom provväggen

Medelvärden för temperaturen i klimatskåpet sett per dygn (avläsning vid midnatt)

obehandlad råspont

1	2	3	4	5	6	7	8
6,4	12,9	21,7	22,5	6,8	10,6	21,8	22,6
6,4	11,8	21,3	23,3	6,7	9,7	21,8	23,4
6,4	11,9	21,6	23,5	6,7	9,6	22,1	23,6
6,4	12,3	22,8	24,1	6,7	9,7	23	24,2
6,3	11,6	21,5	23,3	6,7	9,3	22	23,5
6,3	11,2	20,5	22	6,6	9	20,9	22,1
6,3	11,2	21,2	23,2	6,6	9	21,7	23,4
6,3	11,2	21,4	23,5	6,6	8,9	21,9	23,6
6,2	10,8	20,2	21,8	6,5	8,6	20,6	22
6,2	10,7	20,1	21,8	6,6	8,6	20,6	21,9
6,2	10,7	20,2	21,8	6,5	8,6	20,6	21,9
6,2	10,6	19,9	21,6	6,5	8,6	20,4	21,7
6,2	10,4	19,5	21,4	6,5	8,5	20	21,5
6,2	10,6	19,8	21,5	6,6	8,6	20,4	21,6
6,2	10,6	19,9	21,7	6,5	8,6	20,5	21,9
6,2	10,8	20,5	22,3	6,6	8,7	21	22,4
6,275	11,20625	20,75625	22,45625	6,60625	9,0375	21,20625	22,58125

obehandlad råspont med masonite

1	2	3	4	5	6	7	8
6,1	10,5	19,7	21,3	6,5	8,6	20,3	21,4
6,2	10,5	19,9	21,6	6,5	8,6	20,4	21,7
6,1	10,5	19,9	21,6	6,5	8,6	20,4	21,8
6,133333	10,5	19,83333	21,5	6,5	8,6	20,36666667	21,63333333

obehandlad råspont + masonite + PE-folie

1	2	3	4	5	6	7	8
6,4	11	21	23,2	6,6	8,8	21,6	23,3
6,4	10,8	20,7	22,5	6,6	8,7	21,1	22,6
6,3	10,7	20,3	22,2	6,5	8,6	20,8	22,3
6,4	10,8	20,6	22,1	6,6	8,7	21	22,2
6,4	10,9	21	23,2	6,6	8,7	21,5	23,4
6,3	10,8	20,5	22,1	6,6	8,6	20,9	22,2
6,366667	10,8333333	20,68333	22,55	6,583333	8,683333	21,15	22,66666667

hårdvaxbehandlad råspont + masonit + PE-folie

1	2	3	4	5	6	7	8
6,4	11	21	22,6	6,6	8,8	21,4	22,7
6,4	11	21,1	22,8	6,6	8,7	21,4	22,8
6,4	11	21,2	22,9	6,6	8,7	21,6	23
6,4	10,8	20,4	22,2	6,6	8,6	20,8	22,2
6,4	10,95	20,925	22,625	6,6	8,7	21,3	22,675

Figur B9.1, temperaturmedelvärde i klimatskåpet vid olika termoelement (dess numrering) och olika skikt, sett per dygn och avläsning vid midnatt.

hårdvaxbehandlad råspont

1	2	3	4	5	6	7	8
6,4	11	21,2	22,7	6,5	8,7	21,5	22,8
6,3	10,5	19,4	20,6	6,5	8,4	19,7	20,7
6,4	10,4	19,3	20,9	6,5	8,4	19,7	21
6,3	10,5	19,7	21,3	6,5	8,3	20,1	21,4
6,3	11,6	21,5	23,3	6,7	9,3	22	23,5
6,34	10,8	20,22	21,76	6,54	8,62	20,6	21,88

hårdvaxbehandlad råspont med springor mellan spanten + spikar

1	2	3	4	5	6	7	8
6,3	10,5	19,4	21,5	6,5	8,5	19,9	21,6
6,4	10,5	19,8	21,4	6,6	8,5	20,2	21,5
6,35	10,5	19,6	21,45	6,55	8,5	20,05	21,55

Anm: Under två av mätningarna slutade datorn att logga, vilket resulterat i få mätvärden.

Figur B9.2, temperaturmedelvärde i klimatskåpet vid olika termoelement (dess numrering) och olika skikt, sett per dygn med avläsning vid midnatt.

$q = (\lambda \cdot \Delta T)/d \text{ [W/m}^2\text{]}$		$\lambda = (q \cdot d)/\Delta T \text{ [W/mK]}$	$R = d/\lambda \text{ [m}^2\text{K/W]}$	$U = 1/R \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
Provväggen, obehandlad råspont + masonit + plastfolie					
VF 1	$\lambda = (1,73 \cdot 0,3256)/(22,6-6,5) = 0,0350 \text{ W/mK}$		$R = 0,3256/0,0350 = 9,303 \text{ m}^2\text{K/W}$	$d = 0,3256 \text{ m}$	$R_{\text{gl}} + R_{\text{ss}} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$
VF 2	$\lambda = (2,26 \cdot 0,3256)/(22,6-6,5) = 0,0457 \text{ W/mK}$		$R = 0,3256/0,0457 = 7,125 \text{ m}^2\text{K/W}$		$U = 1/(9,303+0,17) = 0,105 \text{ W/m}^2\text{K}$
					$U = 1/(7,125+0,17) = 0,137 \text{ W/m}^2\text{K}$
Provväggen, hårdvaxbehandlad råspont + masonit + plastfolie					
VF 1	$\lambda = (1,95 \cdot 0,3256)/(22,7-6,5) = 0,0392 \text{ W/mK}$		$R = 0,3256/0,0392 = 8,306 \text{ m}^2\text{K/W}$	$d = 0,3256 \text{ m}$	$U = 1/(8,306+0,17) = 0,118 \text{ W/m}^2\text{K}$
VF 2	$\lambda = (2,51 \cdot 0,3256)/(22,7-6,5) = 0,0505 \text{ W/mK}$		$R = 0,3256/0,0505 = 6,448 \text{ m}^2\text{K/W}$		$U = 1/(6,448+0,17) = 0,151 \text{ W/m}^2\text{K}$
Provväggen, hårdvaxbehandlad råspont					
VF 1	$\lambda = (1,31 \cdot 0,319)/(21,8-6,4) = 0,0271 \text{ W/mK}$		$R = 0,319/0,0271 = 11,771 \text{ m}^2\text{K/W}$	$d = 0,319 \text{ m}$	$U = 1/(11,771+0,17) = 0,084 \text{ W/m}^2\text{K}$
VF 2	$\lambda = (1,90 \cdot 0,319)/(21,8-6,4) = 0,0394 \text{ W/mK}$		$R = 0,319/0,0394 = 8,096 \text{ m}^2\text{K/W}$		$U = 1/(8,096+0,17) = 0,121 \text{ W/m}^2\text{K}$
Provväggen, hårdvaxbehandlad råspont inkl springor mellan råsponten + spikar					
VF 1	$\lambda = (1,28 \cdot 0,319)/(21,5-6,5) = 0,0272 \text{ W/mK}$		$R = 0,319/0,0272 = 11,728 \text{ m}^2\text{K/W}$	$d = 0,319 \text{ m}$	$U = 1/(11,728+0,17) = 0,084 \text{ W/m}^2\text{K}$
VF 2	$\lambda = (1,76 \cdot 0,319)/(21,5-6,5) = 0,0374 \text{ W/mK}$		$R = 0,319/0,0374 = 8,529 \text{ m}^2\text{K/W}$		$U = 1/(8,529+0,17) = 0,115 \text{ W/m}^2\text{K}$

Figur B9.3, U-värdesberäkning för de olika värmeflödesmätningarna.