

Energieffektivt byggande i kallt klimat

Slutrapport

Ronny Östin, Erik Eklund, Christer Johansson
2012-12-27

SAMMANFATTNING

Projektet energieffektivt byggande i kallt klimat är en fältstudie där 6 nybyggda lågenergihus i Umeåregionen utvärderats. Fyra byggnader är villor och två byggnader är flerbostadshus som är lokaliserade från Sikeå i norr till Nordmaling i söder.

Byggnaderna har utrustats med trådlös mätutrustning för verifiering av energiprestanda för hela byggnaden ned till komponentnivå. Mätare för fukt och temperatur i luft och klimatskal har också installerats där de senare är placerade på olika djup i konstruktionen.

Syftet med studien är att undersöka byggnadernas energiprestanda och vilka risker det finns med att bygga lågenergihus i kallt klimat. Genomförda fukt- och temperaturmätningar i konstruktionen visar idag inga tecken på röt- eller mögelangrepp, dock krävs längre mättid eftersom fukttransport är en långsam process.

Baserat på energisignatur har uppmätt energianvändning i byggnaderna normalårskorrigerats och U-medelvärdet beräknats. Dessa värden har jämförts med projekterad energianvändning och U-medelvärde.

Två av byggnaderna är utrustade med en markförlagd uteluftskanal, 36 respektive 10 m där den första lösningen visade sig eliminera behovet av eftervärmning av tilluften. Markförvärmning av uteluft är en enkel och effektiv metod för att höja temperaturen på inkommande uteluft, t.ex. vid -25°C värmdes inkommande luft till värmeväxlaren till $+2^{\circ}\text{C}$.

Mätningar av energianvändning visar att det går att bygga hus som använder betydligt mindre energi än boverkets krav på specifik energianvändning. Villorna uppvisar en specifik energianvändning enligt boverkets definition (energi för uppvärmning och tappvarmvatten dividerat med A_{temp}) från 59,7 till 91,8 kWh/m², år och flerbostadshusen från 68 till 75,5 kWh/m², år, vilket är lägre än gällande krav på 130 kWh/m², år och vid elvärme 95 kWh/m², år.

SUMMARY

The project Energy efficient construction in cold climate is a study of six newly produced low energy buildings in the region of Umeå. Four buildings are houses and two residential buildings which are located from Sikeå up north to Nordmaling down south.

The buildings have been equipped with wireless logger system for collecting data of energy performance for the entire building and for individual components of the energy system. Loggers for relative humidity and temperature have been placed in ventilation and the buildings construction shell. The later of the position of loggers have been placed in different depths of the constructions isolating shell.

The purpose of this study is to investigate these buildings energy performance and what risks constructing energy efficient buildings in cold climate due to humidity. The relative humidity and temperature sensors located in the construction shell show no signs of risk for rotting and mold. Moisture migration is a slow process and to be certain longer measurements are required.

With the method called energy signature the measured energy usage have been normal corrected by year and the average U-value calculated. Expected energy usage and average U-value is compared to our measured data in this report.

Two buildings in the study are equipped with a buried pipe for supply air which is 36m and 10 m long. The longest (36m) shows a big increase of air temperature (from -25°C outside to +2 at the inlet connecting to the heat exchanger). This by means no extra heat is required for the inlet air to reach comfortable temperature.

The measurement of energy displays that constructing buildings with lower energy use then the Swedish Boverkets requirements are confirmed. The houses shows a specific energy usage as Boverkets definition (energy for heating and for domestic hot water per heated surface area) from 59.7 to 91.8 kWh/m², year and the residential buildings from 68 to 75.5 kWh/m², year which are lower than today regulations at 130 kWh/m², year and 95 kWh/m², year for electric heated.

FÖRORD

Syftet med denna rapport är att ge en ingående beskrivning av mät- och utvärderingsresultat av energiprestanda i respektive hus. Projekterat energibehov som har framtagits av hustillverkare och konsulter jämförs med den uppmätta energianvändningen.

Vi riktar ett stort tack till husägarna, hyresgästerna och finansiärerna (CERBOF, Umeå kommun, Umeå Energi, Länsstyrelsen i Västerbotten, Robertsfors kommun) av detta utvärderingsprojekt.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	1
SUMMARY	2
FÖRORD	3
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	4
INLEDNING.....	7
MÄTNINGAR OCH UTVÄRDERINGSMETODIK.....	8
1.1 Mätning av luftläckning	8
1.2 Kontinuerliga mätningar.....	8
1.3 Energisignatur.....	8
HUSVIS BESKRIVNING OCH RESULTAT	11
1 Villa Falk.....	11
1.1 ALLMÄN BESKRIVNING	11
1.2 Värmesystem.....	11
1.3 Ventilationssystem	12
1.4 Isolering	12
1.5 Beräknad energianvändning.....	12
1.6 Produktionskostnad för huset	12
1.7 Resultat villa Falk	12
1.7.1 Fukt.....	12
1.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer.....	15
1.7.3 Energi.....	18
2 Villa Pettersson.....	20
2.1 ALLMÄN BESKRIVNING	20
2.2 Värmesystem.....	20
2.3 Ventilationssystem	20
2.4 Isolering	20
2.5 Beräknad energianvändning.....	20
2.6 Produktionskostnad för huset	20
2.7 Resultat villa Pettersson	21
2.7.1 Fukt.....	21
2.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer.....	22

2.7.3 Energi.....	24
3 Villa Carlstedt	26
3.1 ALLMÄN BESKRIVNING	26
3.2 Värmesystem.....	26
3.3 Ventilationssystem	26
3.4 Isolering	26
3.5 Beräknad energianvändning.....	26
3.6 Produktionskostnad för huset	26
3.7 Resultat villa Carlstedt.....	27
3.7.1 Fukt.....	27
3.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer	28
3.7.3 Energi.....	31
4 Villa Dario	33
4.1 ALLMÄN BESKRIVNING	33
4.2 Värmesystem.....	33
4.3 Ventilationssystem	33
4.4 Isolering	33
4.5 Projekterad energianvändning	33
4.6 Produktionskostnad för huset	33
4.7 Resultat villa Dario.....	34
4.7.1 Fukt.....	34
4.7.1 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer	36
4.7.3 Energi.....	37
5 Flerbostadshuset Gröngård	39
5.1 ALLMÄN BESKRIVNING	39
5.2 Värmesystem.....	39
5.3 Ventilationssystem	39
5.4 Isolering	39
5.5 Beräknad energianvändning.....	39
5.6 Produktionskostnad för huset	39
5.7 Resultat flerbostadshuset Gröngård	40
5.7.1 Fukt.....	40
5.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer	41
5.7.3 Energi.....	41

6 Flerbostadshuset Kullen	44
6.1 ALLMÄN BESKRIVNING	44
6.2 Värmesystem	44
6.3 Ventilationssystem	44
6.4 Isolering	44
6.5 Beräknad energianvändning.....	44
6.6 Produktionskostnad för huset	44
6.7 Resultat flerbostadshuset Kullen	45
6.7.1 Fukt.....	45
6.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer	45
6.7.3 Energi.....	46
RESULTATSAMMANFATTNING	48
1.1 Enfamiljshusen	48
1.2 Flerbostadshusen	49
1.3 Täthet och specifikt värmebehov	50
SLUTSATSER	52
Bilaga 1	53
Bilaga 2	57
Bilaga 3	61
Bilaga 4	65
Bilaga 5	69
Bilaga 6	73

INLEDNING

Bostadssektorn står idag för ca 40 % av Sveriges totala energianvändning. Det är därför viktigt att nya hus som byggs har låg energianvändning för att klara de uppsatta EU målen, 20 % energibesparing till 2020 och det långsiktiga målet 50 % till 2050. Kunskaperna om att bygga energieffektivt och vilka eventuella problem och risker detta medför i kalla klimat måste verifieras och förankras. Mot bakgrund av detta har projektet Energieffektivt byggande i kallt klimat startat som ett samarbete mellan Umeå kommun, Umeå universitet och marknadsaktörer i Umeåregionen.

Projektet innefattar fyra villor samt två flerbostadshus, alla byggda i syfte av att vara lågenergihus. Mätningar av energi, fukt och funktion hos olika värmetekniska installationer påbörjades allteftersom husen blev inflyttningsbara, vilket de första blev under hösten 2010 och de sista under sommaren 2011. Projektet har följts upp med rapportering till Nätverket för hållbart byggande och förvaltande i kallt klimat¹. Även gemensamma och interna möten har hållits i projektet för avrapportering av mätresultat.

Intentionen med detta projekt är förutom verifiering av funktioner, energiprestanda och konstruktion även att främja en kvalitetssäkring av byggprocessen vid uppförandet av nya energieffektiva hus, samt fungera som riktningsgivare och inspiration för framtida satsningar på energieffektivt byggande i kallt klimat. Ambitionen är att vi i ett nästa steg ska kunna gå från demonstrationshus och pilotprojekt till bredare och större satsningar. Projektet är ett led i arbetet mot att uppnå ett av Umeå kommuns miljömål för begränsad klimatpåverkan.

Finansiering av detta utvärderingsprojekt består av medel från CERBOF, Umeå kommun, Umeå Energi, Länsstyrelsen i Västerbotten, Robertsfors kommun och genom samfinansiering i form av bidrag från de olika delprojekten för respektive hus.

¹ www.hallabarahus.se

MÄTNINGAR OCH UTVÄRDERINGSMETODIK

1.1 Mätning av luftläckning

Täthetsprovningar i merparten av husen har utförts av företaget BoSyn fastighetsbesiktningar i Umeå. Den metod man använder är Minneapolis Blower Door med fläkt Model 4 samt en digital differentialtryckgivare DG-700. För styrning och övervakning av mätapparaturen samt metodkriterier enligt SS-EN1 13829 används programvaran Tectice Express 3.6 från Energy Conservatory.

Provstandarden SS-EN 13829, föreskriver ett förfarande som innebär att byggnaden försätts i under och/eller övertryck med hjälp av en fläktutrustning, varvid byggnadens luftgenomsläpplighet uttryckt i liter per sekund och kvadratmeter omslutande yta fastställs. För att provresultatet ska bli så korrekta som möjligt måste avsiktliga håltagningar tätas. Exempelvis ska fönster stängas, ventilationsdon och ventiler tätas, liksom vattenlås och golvbrunnar. Tidigare byggnorm som gällde före 1 juli 2006 ställde krav på att en byggnads maximala läckage vid ± 50 Pa högst får uppgå till 0,8 l/s och m^2 av byggnadens omslutande area, Aom. Nu gällande byggregler ställer inget specifikt krav på lufttätet, men en byggnad ska byggas så lufttät att kravet på energianvändning, effektkrav och fuktsäkerhet uppfylls. För mindre byggnader, under $100 m^2$, kan ett specifikt lufttätetskrav om 0,6 l/s, m^2 användas enligt byggnormen. Kravet för passivhus är ett luftläckage på max 0,3 l/s per m^2 omslutande area vid ± 50 Pa.

Genomsnittshuset i Umeå enligt 250 st mätningar utförda av BoSyn fastighetsbesiktningar mellan 2008 och 2011 är ca 0,40 l/s per m^2 omslutande area vid ± 50 Pa.

1.2 Kontinuerliga mätningar

De kontinuerliga mätningarna av temperatur, relativ luftfuktighet, volymflöden (vatten och värmebärande vätskor) och elenergi har i varje hus genomförts med mätloggrar som kommunicerar trådlöst med en basstation, vilken i sin tur är ansluten till internet. Denna mätsystemlösning (TandD wireless data logger system, RTR-5 series) har varit väldigt praktisk att installera genom att signalkablage inte behövs mellan ett centralt mätsystem och respektive mätgivare. I själva verket har detta nog varit en viktig förutsättning för att få ägare av nybyggda hus att delta i denna utvärdering.

Noggrannheten (fabrikskalibrerad) för en temperaturlogger är $\pm 0,3^\circ\text{C}$ och för en fuktlogger $\pm 5\%$ relativ fuktighet.

En nackdel med systemet är att loggrarna kräver återkommande batteribyten och detta har ibland resulterat i att de hunnit bli strömlösa och därmed slutat mäta och spara mätdata.

1.3 Energisignatur

En byggnads behov av energi för uppvärmning beror av transmissions- och ventilationsförluster. Ventilationsförluster är i sin tur beroende av att luft, utomhus- eller inomhusluft, kan flöda kontrollerat eller okontrollerat in till eller ut från en byggnad. I moderna ventilationssystem ger till- och frånluftfläkten den kontrollerade eller fläktstyrda ventilationsförlusten. Luftbehandlingsaggregat med värmeväxlare är i dessa system till för att minimera den fläktstyrda ventilationsförlusten genom återvinning av värme i frånluftflödet. Otätheter i en byggnads klimatskärm är förutsättningen för in- eller utläckage av luft, dvs den okontrollerade ventilationsförlusten, som påverkas av rådande tryckskillnad över klimatskärmen. Tryckskillnaden i sin tur är en samverkan mellan den fläktstyrda ventilationen och vindens inverkan (hastighet och riktning) på byggnaden.

Om det antas att värmebehovet huvudsakligen är beroende av skillnaden mellan inom- och utomhustemperaturen så kan transmissions- och ventilationsförluster förenklat beskrivas enligt följande:

$$\sum UA + \rho C_p q_{\text{vent}}(1-\eta) + \rho C_p q_{\text{läck}} \quad W/^{\circ}\text{C} \quad (1)$$

där

$\sum UA$ är summan av klimatskärmens transmissionsförluster som beror av byggnadsdelarnas (dörrar, fönster, ytterväggar och takbjälklag) U-värde ($W/m^2/^{\circ}\text{C}$) och tillhörande area, A (m^2).

$\rho C_p q_{\text{vent}}$ är den fläktstyrda ventilationsförlusten baserad på tilluftflödet q_{vent} (m^3/s) och luftens densitet ρ (kg/m^3) och specifika värmekapacitet C_p ($J/kg/^{\circ}\text{C}$). Termen $(1-\eta)$ anger graden av värmeåtervinningen där η är tilluftens temperaturverkningsgrad.

$\rho C_p q_{\text{läck}}$ är den okontrollerade ventilationsförlusten där $q_{\text{läck}}$ är läckflödet av luft (m^3/s).

Ekvation (1) är givetvis en förenkling av i verkligheten rådande förhållanden. I realiteten har vindens hastighet och riktning betydelse för den okontrollerade ventilationen och naturligtvis förekommer transmissionsförluster även mot marken, vilket inte är direkt beroende av utetemperaturen. Med motivering att samtliga hus i denna undersökning saknar källare och dessutom har omfattande markisolering under golvplattan så försummas husens värmeförlust till marken.

Om ekvation (1) därmed får anses beskriva husets totala värmeförlust så tillkommer ändå komplikationer med avseende på tillförsel av energi för att balansera denna värmeförlust och upprätthålla något sånär konstant inomhustemperatur. Komplikationen utgörs av solinstrålning, som är en parameter som inte har mätts kontinuerligt i denna undersökning. Detta innebär att värmesystemets energitillförsel under vissa perioder blir lägre, alltså ytterligare en reduktion inte bara på grund av värmeavgivning från diverse interna värmekällor (elektriska apparater, belysning, personvärme etc), på grund av gratisenergi från solen.

Ett hus uppmätta totala värmeförlust (golvvärme, radiatorer och eftervärmning av tilluft) kan förenklat beskrivas med avseende på differensen av inomhustemperatur (T_i) och utetemperatur (T_u) i form av en linjär regression enligt:

$$K(T_i - T_u) + m \quad (2)$$

Ekvation (2) benämns fortsättningsvis energisignatur där riktningskoefficienten, K , är temperaturberoende och utgör ett mått på summan av parametrarna enligt ekvation (1). Konstanten, m , har ingen entydig fysikalisk koppling till byggnadens termiska prestanda men påverkas bland annat av solinstrålningens samverkan med ett hus värmeförlustsystem. I detta projekt med hus byggda huvudsakligen i termiskt lätta material (antas att husen har en tidskonstant kortare än ett dygn) har energisignaturen enligt ekvation (2) anpassats till uppmätt energi som summerats på dygnsbasis, dvs kWh/dygn. Genom att dividera K , som således har enheten kWh/ $^{\circ}\text{C}$, med antalet timmar på ett dygn erhålls vad som brukar kallas husets värmeförlustkoefficient. Denna benämns här fortsättningsvis B-värdet och har alltså enheten $W/^{\circ}\text{C}$.

Med energisignaturen för ett hus kan man normalårskorrigera värmeanvändningen och beräkna hur värmeförlusten ändras för olika temperaturer, inom- och utomhus. I detta sammanhang har en modell tillämpats för utetemperaturens variation i form av dygnsmedeltemperatur, enligt G. Anderlind (Approximation of daily mean temperatures by using fourier series, Rapport BKL 1984:1, Lunds tekniska högskola) för ett normalår.

I nedan husvisa avsnitt ges energisignaturen för respektive hus, se figur 1.6, och som framgår varierar kvaliteten (korrelationskoefficienten, R^2 -värdet) hos de linjära regressionerna beroende på olika spridning i de dygnsvisa mätpunkterna. Orsaker (utöver sol och vind) som bidrar till spridningen i mätdata kan vara av boendemässig karaktär som exempelvis vädring och ändring av driftläge hos ventilationen. Andra orsaker är reglerfunktioner hos regulatorer och termostater för styrning av temperaturnivå och volymflöde (golvvärme och radiatorer), vilka utgör grund för beräkning av energiuttaget som distribueras av värmesystemet.

Således, med hjälp av energisignaturen har B-värdet beräknats och med mätningarna av tilluftflöde (q_{vent}), temperaturverkningsgrad (η) och läckflöde ($q_{läck}$) kan ett hus genomsnittliga U_m -värde beräknas enligt:

$$U_m = (B - (\rho C_p q_{vent}(1-\eta) + \rho C_p q_{läck}) / A_{om} \quad (3)$$

Där A_{om} är byggnadens omslutande area mot uteluft. Läckflödet har beräknats med utgångspunkt från q_{50} -värdet från tryckprovning enligt EN ISO 13789:2008:

$$q_{läck} = q_{50} e / \left(1 + f / e \left[\frac{q_T - q_F}{q_{50}} \right]^2 \right) \quad (4)$$

där

q_{50} i l/s är läckflödet vid 50 Pa tryckskillnad enligt täthetsprovning

f och e är vindskyddskoefficienter, här har $f = 15$ (flera sidor exponerade för vind) och $e = 0,1$ (ingen avskärmning)

q_T och q_F i l/s är fläktstyrt tilluft- respektive frånluftflöde

Interna värmekällorna i ett hus bidrar i olika omfattning till uppvärmningen, dvs om inga interna värmekällor skulle existera i ett hus så skulle mer energi behöva tillföras via värmesystemet. Om det inte finns något som helst samband mellan interna värmekällor och temperaturskillnaden, inne – ute, så påverkas inte K i energisignaturen (2), däremot påverkas konstanten, m . Eftersom framförallt belysning hänger ihop med mörker och att detta i sin tur i vårt land tar längre tid i anspråk av dygnet under uppvärmningssäsongen så är detta ett exempel på indirekt koppling mellan en intern värmekälla och temperaturskillnad, inne – ute. Därför har i denna rapport U_m -värdet även beräknats då energisignaturen, och därmed B-värdet, baserats på dygnsvis summa av total värme och hushållsenergi. De enligt ovan beskrivna beräknade U_m -värdena jämförs för respektive hus med U_m -värdet som angivits i samband med genomförd energibehovsberäkning av de som projekterat huset.

HUSVIS BESKRIVNING OCH RESULTAT

1 Villa Falk

1.1 ALLMÄN BESKRIVNING

Villa Falk är en enfamiljsvilla med en uppvärmd bostadsyta på 175 m² fördelat på bottenvåning och loft. Villan har invändigt ryggåstak och utvändigt sadeltak i plåt samt fasad av lockpanel i trä. Tomten är belägen i Må-Bra-Byn i Sikeå och är skänkt av Robertsfors kommun. Under hittillsvarande mätperiod har huset bebotts av två vuxna.



Figur 1.1 Villa Falk

I stället för konventionell WC-lösning är bostaden utrustad med Separett toalett. Fekalierna tas omhand och komposteras för att återföras till naturen. Urin separeras till en betongtank på 2,6 m³. BDT²-vatten renas genom infiltration i ett kompaktfiler.

1.2 Värmesystem

Huset har en vattenmantlad pellets-kamin, Evo Aqua från SVESOL, för uppvärmningen och beredning av tappvarmvatten. I produktspecifikationen anges kaminen ha en verkningsgrad på 95,4 % och 85 – 90 % av den nyttiga värmeavgivning går via det vattenmantlade värmesystemet, varmed resterande 10 – 15 % avges direkt till inomhusluften. De kontinuerliga mätningarna av kaminens värmeavgivning avser den del som avges via det vattenmantlade systemet. I verkligheten tillkommer således en andel ”spillvärme” från kaminen som ger ett bidrag till uppvärmningen.

På taket finns tre plana solfångarmoduler, Svesol Premium, som installerats i sydlig riktning. Den totala solfångarytan är 7,08 m² och enligt produktspecifikationen är energiutbytet på årsbasis 3606 kWh. Mätning av värmebärarens (TYCOFOR LS) flöde, fram- och returledningstemperatur ger levererad energi från solvärmeanläggningen.

Pellets-kaminen och solfångarna är anslutna till en ackumulatortank, Dalatanken – 3 slingor, som har volymen 0,75 m³. Distributionen av värme sker via vattenburen golvvärme som är ansluten till ackumulatortanken. Mätning av vattencirkulationsflödet i värmesystemet samt fram- och returledningstemperatur ger uttagen värmemängd ur ackumulatortanken som distribueras via golvvärmesystemet. I ackumulatortanken finns även en elektrisk värmare på 4,5 kW. Enligt separat elmätning av elvärmaren under utvärderingsperioden har värmaren inte varit i drift. Den totalt

² Bad-, Disk-, Tvättvatten

installerade elektriska effekten för uppvärmning är 5,4 kW (ackumulatortank och eftervärmare tilluft).

1.3 Ventilationssystem

Tilluften till huset förvärms i ett 36 m långt markförlagt rör som ligger på 1,5 m djup. Av den totala längden har 24 m en diameter 0,2 m och 12 m har diametern 0,16 m som är förlagd under husets grund. Värmen i frånluften återvinns via en värmeväxlare, luftbehandlingsaggregat REC Indovent RT-400S-EC-RS, som värmer den inkommande tilluften. Kombinationen av markförvärmning och värmeåtervinning förväntas minimera behovet av eftervärmning av inkommande tilluft. Om ytterligare värmning av tilluften ändå skulle bli nödvändig är luftbehandlingssystemet utrustat med en elektrisk resistansvärmare.

Den inkommande luften tas in i vardagsrum och i sovrum via ventiler i taket och frånluften passerar via öppna avlopp i badrum, tvättstuga och avlopp under diskmaskin i köket. Vattenlåset för dessa avlopp är placerat utanför huset.

1.4 Isolering

Isoleringen i grunden består av 306 mm Foamglas samt markskikt av ca 400 mm järnsand och 400 mm fyllnadssand. Väggarna har 357 mm Foamglas medan taket har 408 mm Foamglas direkt under yttertaket. Hela byggnaden har ett projekterat medel U-värde på 0,14 W/m²°C.

1.5 Beräknad energianvändning

Det projekterade energibehovet för värme och tappvarmvatten beräknades till 11 400 kWh/år. I energiberäkningen avsågs en total uppvärmd yta på 213,5 m², dvs inklusive förrådsytor, vilket per ytenhet motsvarar ett energibehov på 53,4 [kWh/m²år]. Ytterligare indata var fläktstyrt luftflöde på 62,3 liter/s, vilket motsvarar en styrd luftomsättning på 0,45 omsättningar per timme. Luftläckage 0,22 [liter/s, omslutande area] vid 50 Pa (q50-värde), samt att temperaturverkningsgraden i från-, tilluftsvärmeväxlaren beräknades vara 80 %. Den beräknade transmissionsfaktorn för huset angavs till 64,5 W/°C.

1.6 Produktionskostnad för huset

Huset 2,8 Mkr, grunden 0,25 Mkr och avlopp 0,1 Mkr, dvs totalt 3,15 Mkr.

1.7 Resultat villa Falk

Provtryckning av huset visade ett q50-värde på 0,15 [liter/s, omslutande area]. I nuvarande klassning anges ett q50-värden inom intervallet 0,1 till 0,3 [liter/s, omslutande area] att motsvara en mycket lufttät byggnad. Flödesmätningar av den fläktstyrda ventilationen visade att tilluftflödet är 25 liter/s och att frånluftflödet är 27 liter/s. Detta är mer än en halvering av luftflödet som användes vid projekteringen av husets energibehov.

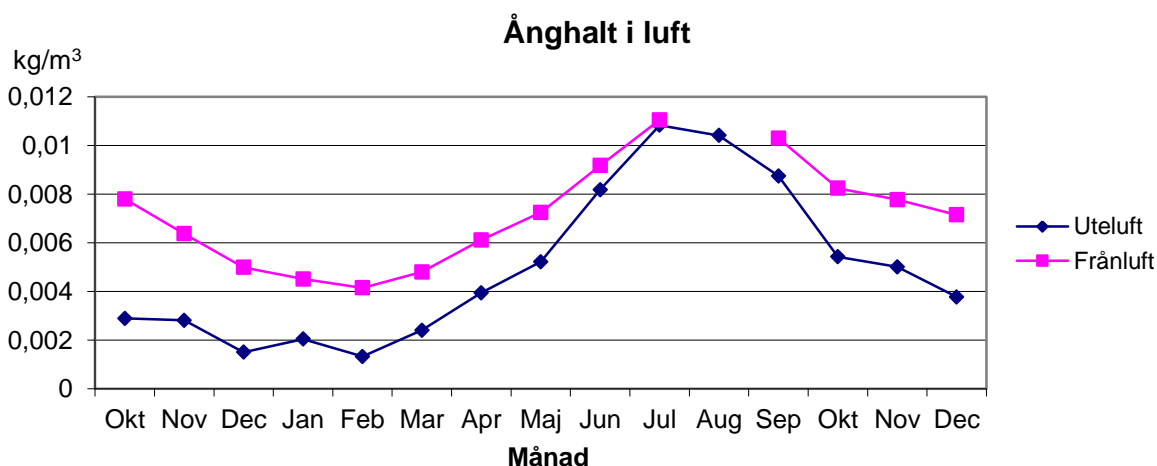
1.7.1 Fukt

Givare för mätning av temperatur och relativ fuktighet installerades i isolermaterial i tak, väggar och golv (under betongplattan) i samband med byggnationen av huset. Baserat på dessa mätningar har ånghalter beräknats och redovisas här i form av månadsmedelvärden. Installationerna av fuktsensorerna är att betrakta som permanenta och det finns av naturliga skäl ingen möjlighet att utbyta en sensor som upphört att fungera. Sensorerna i isoleringen under betonggolvet uppvisar oväntade värden. Det som förväntas är att sensorn närmast marken skall visa högst ånghalt och att sensorn närmast den varma golvytan skall visa lägst ånghalt. En rimlig förklaring till att så inte är

fallet är att vatten från framförallt gjutningen av betonggolvet har inneslutits i utrymmet kring fuktsensorn som därmed uppvisar oväntat höga fuktnivåer, vilket är fallet för sensorn som sitter i det mittersta isolerskiktet.

Man brukar ange att risken för rötangrepp är obefintlig vid relativa fuktigheter under 75 % och för mögelangrepp är risken obefintlig under 70 % förutsatt att temperaturen inte överstiger 15°C. Röt- och mögel- angrepp beror inte enbart av nivån hos den relativa fuktigheten utan påverkas även som antyds av temperatur, men också av lufthastighet, ljus och exponeringstid.

Skillnaden i ånghalt mellan från- och uteluften är ett mått på fukttillskottet från människor och diverse andra aktiviteter till inomhusluften. Ånghalten i uteluften varierar naturligt över året och är som lägst under kyliga vintermånader och som högst under regniga sommarperioder. Ånghalten i frånluften följer variationen i uteluftens ånghalt, vilket exemplifieras av figur 1.2, och fukttillskottet under hela mätperioden är i genomsnitt 2,3 g/m³.



Figur 1.2 - Ånghalt i utomhus- och i frånluft, oktober – december 2010 och 2011. Mätdata av fukt i frånluften saknas för augusti 2011.

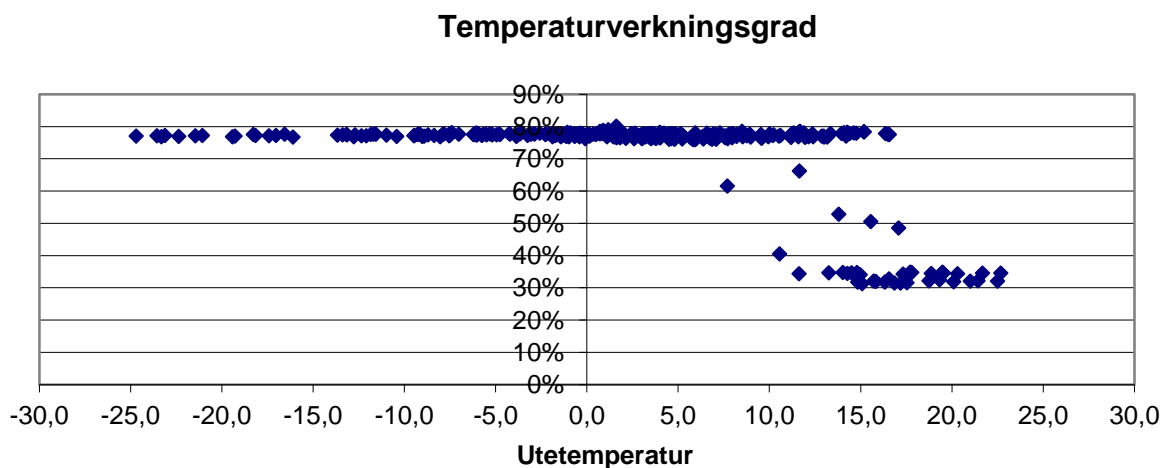
Resultat av fuktmätningarna redovisas i bilaga 1, tabell B1.1 – tabell B1.4, i form av månadsmedelvärden av relativ fuktighet och vid uppmätt medeltemperatur även som genomsnittlig ånghalt. Den genomsnittliga fuktnivån är för samtliga mätpositioner i huset, utom mittensektionen i golvisoleringen (som inte visar korrekt värde), betydligt lägre än risknivån för mögel och röta. Fuktnivån i takisoleringen, tabell B1.1, på insidan om ångspärren varierar i likhet med fuktnivån i utomhusluften, dvs låg ånghalt vintertid och hög ånghalt sommartid. Trots mätbortfall (T₂, RH₂ juni – augusti 2012) så är differensen i ånghalt över ångbromsen i stort sett likvärdig, 2011 i genomsnitt 5,1 g/m³ och 2012 i genomsnitt 4,7 g/m³.

Tabell B1.2 och B1.3 i bilaga 1 visar fuktnivåer i de två ytterväggar, en söder- och en norrvägg, som uppmätts. Differensen i ånghalt mellan de olika mätpositionerna i respektive yttervägg är tämligen små, i genomsnitt $0,2 \text{ g/m}^3$ för söderväggen och $-0,5$ samt $-0,3 \text{ g/m}^3$ för norrväggen under 2011 och 2012. För norrväggen är således ånghalten högre på utsidan om ångspärren, vilket har sin naturliga orsak i en söderfasads större exponering mot solinstrålning.

I tabell B1.4, se bilaga 1, redovisas fuktmätningar i isoleringen under betongplattan. Frånsett mittsektionens orimligt höga och "felaktiga" nivå, så är fukthalten lägst närmast betongplattan som värms av golvvärme och som högst i isolerskiktet närmast marken. Mätningen närmast betongplattan uppvisar en uttorkningsprocess med relativ fuktighet på 36 %, som vid rådande temperatur motsvarar ånghalten $5,9 \text{ g/m}^3$ (månadsmedelvärde januari 2011), vilket reducerats till ca 15 % relativ fuktighet som motsvarar $2,4 \text{ g/m}^3$ i januari 2012. Den genomsnittliga relativa fuktigheten är som framgår 20 % för 2011 och 10,7 % för mätperioden under 2012. Den uppmätta fuktnivån i isolerskiktet närmast marken är mer konstant och ligger i genomsnitt på 32,6 % relativ fuktighet 2011 och 25,6 % för mätperioden under 2012.

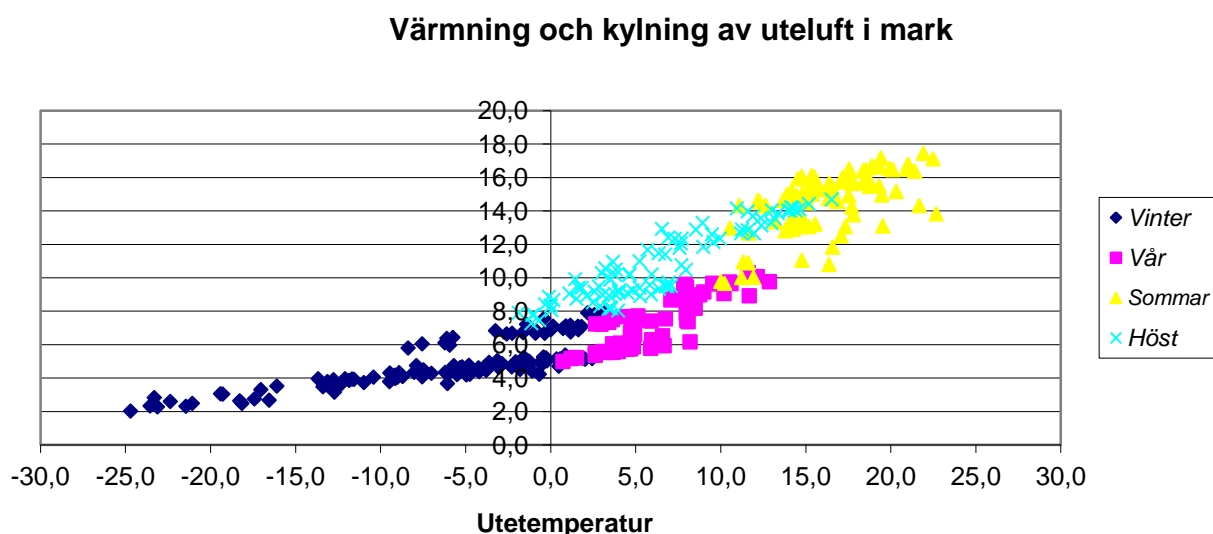
1.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer

Baserat på mätningar av frånluft-, tilluft- och utelufttemperatur efter den markförlagda tilluftkanalen beräknas värmeväxlarens temperaturverkningsgrad. Figur 1.3 visar dygnsmedelvärden av temperaturverkningsgraden vid olika utetemperaturer. Temperaturverkningsgraden är konstant över hela utetemperaturintervallet. Den avtagande verkningsgraden vid utetemperaturer över ca 10°C beror på bypass-drift, vilket åstadkommer att övertemperaturer sommartid kan undvikas.



Figur 1.3 – Temperaturverkningsgrad luft-luft värmeväxlare baserad på mätta dygnsmedeltemperaturer vid olika utetemperaturer.

Förklaringen till den konstanta temperaturverkningsgraden är förvärmningen av uteluften via passagen i den markförlagda tilluftkanalen, se figur 1.4 som visar dygnsmedelvärden av temperaturen. Vid utetemperaturer ned till -25°C är inkommande uteluft till värmeväxlaren 2°C, dvs en temperaturökning med hela 27°C. Vid den lägsta utetemperaturen -29,5°C (tim-medelvärde) motsvarar detta med uppmätt tilluftflöde en värmeeffekt på 0,9 kW.

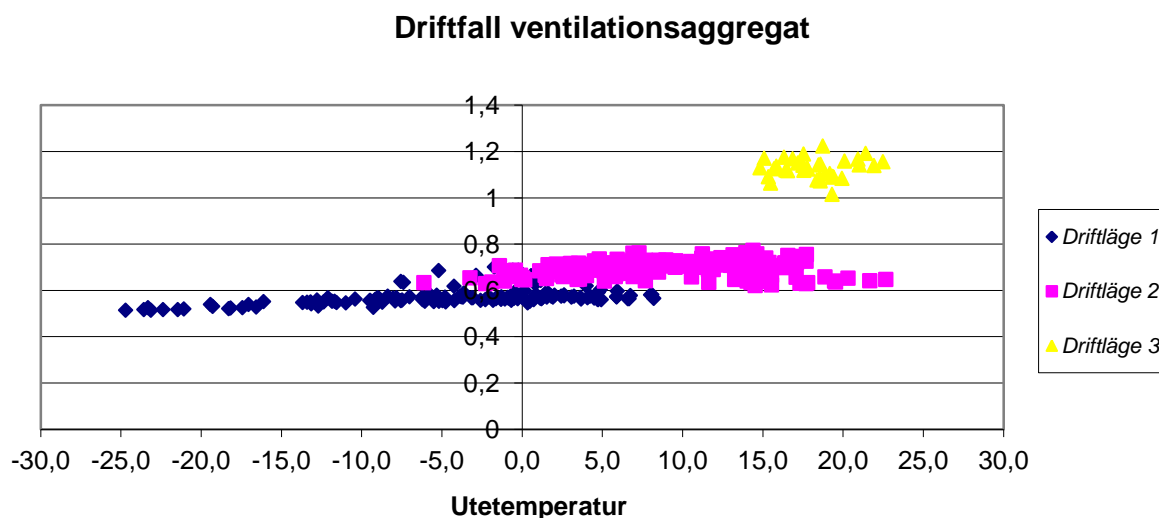


Figur 1.4 – Uteluftens temperatur efter passagen av markförlagd tilluftkanal. Symboler: *Vinter* avser dec tom mars, *Vår* avser apr tom maj, *Sommar* avser juni tom aug och *Höst* avser sep tom nov.

Uteluftens temperatur efter värmning och avkylning i den markförlagda kanalen vid olika utetemperaturer är sammanställd för olika tidsperioder i figur 1.4.

Vintertid framgår av figur 1.4 att temperaturen varierar mellan 2 till ca 7°C och sommartid blir uppmätt temperatur aldrig högre än 18°C, dvs en avkylning för utetemperaturer vid ca 20°C och däröver. Spridningen i temperaturen är påtaglig, förutom vid utetemperaturer lägre än ca -10°C, och beror bland annat på att ventilationen ändras manuellt för olika driftlägen. Mätningar av ventilationsaggregatet (el till fläktar och eftervärmning) visar på tre olika driftlägen, figur 1.5, med genomsnittligt dygnsenergi-användning enligt följande; driftläge 1: 0,573 kWh/dygn, driftläge 2: 0,696 kWh/dygn och driftläge 3: 1,128 kWh/dygn. Ingen elektrisk eftervärmning av tilluften har uppmätts under 2011. Driftläge 1, som innebär det lägsta luftflödet, körs vintertid varmed uppehållstiden för inkommande uteluft i den markförlagda tilluftkanalen ökar.

En jämförelse av vår och höst, figur 1.4, visar att hösten genomgående ger en bättre markförvärmning som resulterar i högre lufttemperaturer. Driftläge 1 och 2, enligt figur 1.5, tillämpas båda inom utetemperaturintervallet -3 till 8°C, men skillnaden i den markförvärmda uteluften är trots det 3 till 4°C högre under hösten. Detta är en konsekvens av att värmelagret, som omger tilluftkanalen, laddas under sommaren och dräneras på energi under vintern.



Figur 1.5 – Olika driftfall av ventilationsaggregat. Uppmätt medeleffekt för de olika fallen är: 24 W Driftläge 1, 29 W Driftläge 2 och 47 W Driftläge 3.

Tabell 1.1 är en sammanställning av mätt energi från solvärme, pelletskamin och baserat på uppmätt ventilationsflöde beräknad värmemängd från markförvärmning av uteluften. Energimängderna i tabell 1.1 är inte normalårskorrigerade, vilket betyder att värmeanvändningen (9 247 kWh/år), som anges i avsnitt 1.7.3, inte kan jämföras med energisumman av solvärme och pelletskamin, enligt tabell 1.1.

Tabell 1.1 Villa Falk, sammanställning av energimätningar av solvärme, pelletskamin och beräknad markförvärmning av uteluft.

	Solvärme 2011 [kWh]	Solvärme 2012 [kWh]	Pellets-kamin 2011 [kWh]	Pellets-kamin 2012 [kWh]	Markvärmning 2011 [kWh]	Markvärmning 2012 [kWh]
Jan	3	0	1649	1154	283	243
Feb	95	83	1173	1107	328	275
Mar	395	353	503	530	156	126
Apr	450	317	166	487	53	116
Maj	360	405	109	299	41	42
Jun	415	350	0	0	13	23
Jul	436	346	0	0	10	15
Aug	268	333	0	0	26	36
Sep	178	234	69	0	43	74
Okt	181	110	481	451	125	177
Nov	25	25	196	143	123	47
Dec	0		937		183	
Summa	2808	2557	5283	4170	1386	1173

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Den årsvisa solvärmeenergin är som framgår av tabell 1.1 något högre 2011 än 2012. Jämfört med produktspecifikationen för solmodulerna (3 606 kWh/år) visar mätningarna på en faktisk nyttjandel på 78 respektive 71 % av angivet energiutbyte.

Under juni tom augusti (för 2012 även september, dock körs elpatron i ackumulatortanken) behöver inte pelletskaminen användas för att tillgodose energibehovet av framförallt tappvarmvatten men även värme, utan energibehovet täcks av solvärme.

Markförvärmning av uteluft kan energimässigt sägas komplementera solvärmerna, dvs när energiuttaget från solvärme är minimalt (november tom februari) är energiuttaget från markförvärmning som störst. För 2011 som mätmässigt är komplett framgår av tabell 1.1 att den totala värmemängden från markvärme är 1 386 kWh. Detta motsvarar 49 % av uppmätt energimängd från solvärmesystemet 2011. Under februari, dvs den period med lägst utetemperatur, så motsvarar markförvärmningen en maximal tim-medeleffekt på 0,97 kW, vilket är jämförbart med den elektriska effekten som finns i grundutförandet för eftervärmning av tilluft i luftbehandlingsaggregatet.

1.7.3 Energi

Husets energisignatur med avseende på dygnsmedelvärden av golvvärme (inklusive energi för drift av pumpar och fläktar) och nettovärmeavgivning från ackumulatortanken illustreras i figur 1.6. Med nettovärmeavgivning menas summan av till ackumulatortanken tillförd energi (pelletskamin, solvärmemodulerna) och via golvvärmesystemet uttagen energi.

Linjära regressioner av energisignaturen [kWh/dygn] ges av följande samband:

$$1,483(T_i - T_u) - 0,85 \quad (2011, \text{ total värme}) \quad [1]$$

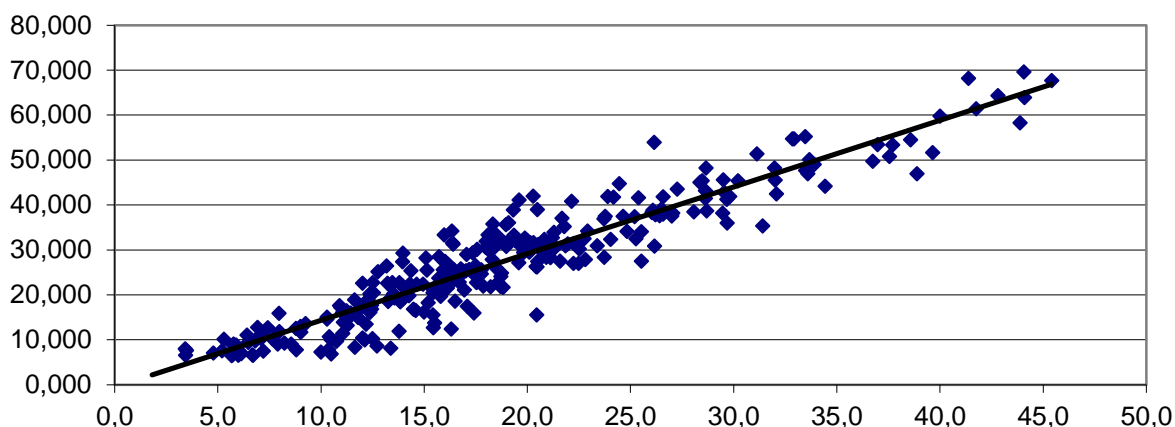
$$1,591(T_i - T_u) + 6,6 \quad (2011, \text{ total värme och hushållsel}) \quad [2]$$

$$1,401(T_i - T_u) - 0,50 \quad (2012, \text{ total värme}) \quad [3]$$

$$1,512(T_i - T_u) + 5,7 \quad (2012, \text{ total värme och hushållsel}) \quad [4]$$

Korrelationskoefficienten för anpassningarna [1] och [2] är 0,9 och för [3] och [4] är den 0,8. Såväl riktningskoefficienten som konstanten ökar om hushållsenergin inkluderas i signaturen. Att riktningskoefficienten ändras betyder att det finns en temperaturberoende ($T_i - T_u$) komponent i hushållsenergi. Vid beräkning av husets U_m -värde har husets förlustfaktor därför beräknats både med avseende på signaturens koefficient för enbart total värmeanvändning, signatur [1, 3], och baserat på total värme och hushållsenergi, signatur [2, 4] ovan.

Energisignatur villa Falk



Figur 1.6 – Energisignatur, [kWh/dygn], av total värmeanvändning som funktion av skillnaden i inne- utetemperatur [°C].

För 2011 betyder det att U_m -värdet blir 0,16 respektive 0,18 $W/m^2\text{°C}$. Motsvarande beräkning för 2012 ger att U_m -värdet blir 0,15 respektive 0,16 $W/m^2\text{°C}$. Dessa resultat kan jämföras med projekterat U_m -värde som anges vara 0,14 $W/m^2\text{°C}$ enligt energibehovsberäkningen.

Husets normalårskorrigerade värmeanvändning vid inomhustemperaturen 20°C är, baserat på 2011 och 2012 (tabell 1.2), inklusive energi till fläktar och pumpar, 9 247 kWh/år. Energianvändningen för tappvarmvatten är 1 215 kWh/år, dvs den specifika energianvändningen enligt BBR's definition blir 59,8 kWh/m²år. Husets totala energianvändning, inklusive hushållsel 3478 kWh/år i genomsnitt, uppgår således till 13 940 kWh.

Övriga uppmätta, beräknade parametrar och nyckeltal för villa Falk är sammanfattade i tabell 1.2. De ytor som ligger till grund för angivna parametrar och nyckeltal är följande:

- uppvärmd golvyta där lufttemperaturen är högre än 10°C, 175 m² (Atemp)
- omslutande ytor mot uteluft, 325,2 m²
- fläktstyrd ventilerad luftvolym, 498,2 m³

Tabell 1.2 – Sammanställning av uppmätta och beräknade parametrar och nyckeltal i villa Falk.

År	Q _{värme} kWh/m ² år (kWh/år)	Q _{tvv} kWh/m ² år (kWh/år)	Q _{Hel} kWh/m ² år (kWh/år)	Totalt kWh/m ² år (kWh/år)	B W/°C	q ₅₀ l/sm ²	q _T l/s	q _F l/s	Luftoms oms/tim
2011	54,5 (9 540)	6,8 (1 192)	18,6 (3 256)	80 (13 988)	66				
2012	51,2 (8 954)	7,1 (1 239)	21,1 (3 700)	79 (13 893)	63				
						0,15 ¹ 0,18 ²	25	27	0,2

Fotnot: ¹ täthetsprovning nr 1, ² täthetsprovning nr 2 när huset var klart. Övriga förkortningar: Q_{värme} är total värme per Atemp och per år inom parentes (golvvärme, radiatorer, eftervärme tilluft) normalårskorrigerad med hjälp av energisignaturen, Q_{tvv} är tappvarmvatten, Q_{Hel} är verksamhetsenergi (hushållsel), B är husets värmeförlustfaktor baserat på energisignatur av total värme och hushållsenergi, q₅₀ är uppmätt läckflöde enligt täthetsprovning, q_T och q_F är uppmätt till- respektive frånluftflöde.

Kommentarer: huset har som framgår av tabell 1.2 väldigt låg energianvändning, vilket framförallt beror på att den fläktstyrda luftomsättningen är låg, 0,2 oms per timme, och att ingen köpt energi krävs för eftervärmning av tilluften. Tilluften värms enbart via den markförlagda tilluftkanalen och genom värmeväxling med frånluften. Husets planlösning kan antas ha en naturlig inverkan på den fläktstyrda luftomsättningen. Den öppna planlösningen med högt i tak och därmed stor luftvolym ger förutsättningar för låga koncentrationer av begagnad luft även vid låg fläktstyrd luftomsättning. De uppmätta till- och frånluftflödena enligt tabell 2.1 blir per uppvärmd golvyta 0,14 respektive 0,15 l/s,m².

2 Villa Pettersson

2.1 ALLMÄN BESKRIVNING

Villa Pettersson är en enfamiljsvilla med boarean 139 m². Huset är delvis byggt i två plan och har en terras på den låga delen mot sydväst. Byggnaden har liggande träfasadsplåt och spröjsade fönster. Yttertaket är belagt med torv med takrännor av trä. Entrén är placerad i väster och från öst finns en ingång till husets tvättstuga. Grundplatta är i betong och stommen är uppförd som dubbel regelstomme i trä.



Figur 2.1 villa Pettersson

2.2 Värmesystem

Villan har elektrisk vattenburen golvvärme, Uponor Elpush 12, i badrum och hall samt elektrisk eftervärmning av tilluft i luftbehandlingsaggregatet. Den totalt installerade elektriska värmeeffekten för golvvärme och eftervärmning av tilluft uppges i bygghandlingarna vara 1,7 till 2,5 kW. I golvvärmesystemet har under mätperioden den maximala tim-medeleffekten 1,5 kW uppmätts. Motsvarande för luftbehandlingsaggregatet är 1,7 kW, vilket betyder en totalt uppmätt maximal elvärmeeffekt på 3,2 kW.

2.3 Ventilationssystem

Ventilationssystemet är ett till- och frånluftssystem med värmeväxlare och eftervärmare, REC Indovent Temovex 250S-EC. Intag av uteluft görs genom ett 10 m långt rör med diametern 0,1 m och som är markförlagt på 0,7 m djup. Tilluftsflödet sker i sov- samt vardagsrum och frånluften tas från köket och badrum.

2.4 Isolering

Grunden har en markisolering av 300 mm cellplast och ytterväggarna är isolerade med 300 mm mineralull. Isoleringen i taket består av 500 mm mineralull. U-värdet för fönster och dörrar uppges till 0,7 respektive 1,2 W/°C m².

2.5 Beräknad energianvändning

Ingen beräkning av energibehovet finns redovisad.

2.6 Produktionskostnad för huset

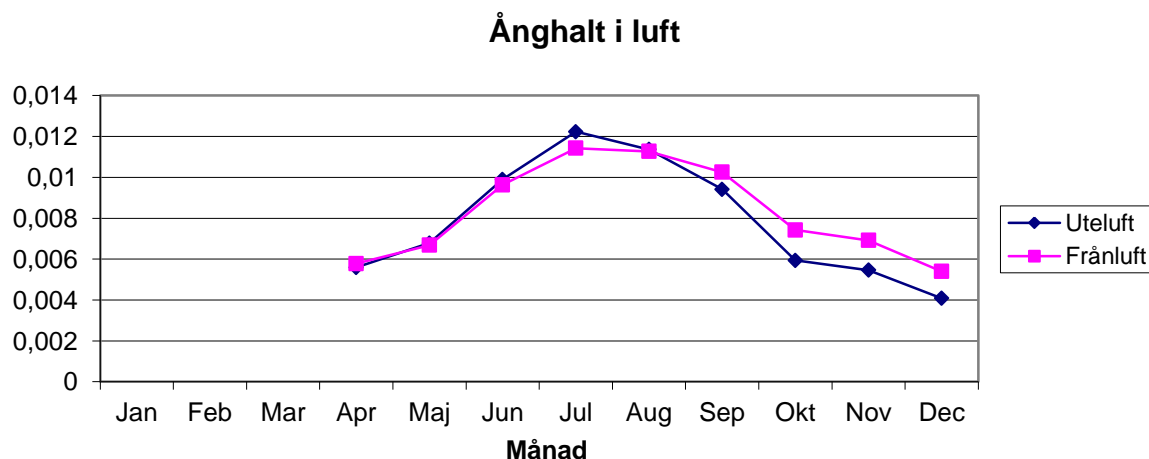
Totalt uppgår produktionskostnaden till 2 Mkr.

2.7 Resultat villa Pettersson

Förutom kontinuerliga mätningar har även manuella mätningar av otäthet och luftflöden genomförts i huset. Provtryckning visade ett q50-värde på 0,34 [liter/s, omslutande area]. Enligt nuvarande klassning anges ett q50-värden inom intervallet 0,3 till 0,45 [liter/s, omslutande area] motsvara en lufttät byggnad. Manuella flödesmätningar av den fläktstyrda ventilationen visade att tilluftflödet är 34 liter/s och att frånluftflödet är 34,5 liter/s.

2.7.1 Fukt

Sensorer för mätning av temperatur och relativ fuktighet installerades i isolermaterial i tak, väggar och golv (under betongplattan) i samband med byggnationen av huset. Baserat på dessa mätdata har även ånghalter beräknats. Månadsmedelvärden av temperatur- och fuktmätningarna redovisas i bilaga 2, tabellerna B2.1 – B2.4. Figur 2.2 visar månadsmedelvärden av ånghalten i utomhus- och frånluften under den inledande mätperioden. Ånghalten i uteluften har en naturlig variation över året och är som lägst under de kalla vintermånaderna och som högst under sommarmånaderna. Skillnaden i ånghalt mellan från- och uteluften utgör fuktillskottet från människor och diverse andra fuktavgivande aktiviteter till inomhusluften. Om det antas att en högre fuktnivå i frånluften jämfört med i uteluften är kopplad till mänsklig aktivitet så indikerar mätdata enligt figur 2.2 att huset började bebos i början av hösten 2011.



Figur 2.2 – Ånghalt (kg/m^3) i ute- och frånluft under 2011, mätningar startade i april 2011.

Den genomsnittliga fuktnivån är för samtliga mätpositioner i huset, utom i cellplastisoleringen närmast marken (dock är temperaturen låg, i genomsnitt 8 - 11°C), betydligt lägre än risknivån för mögel och röta. Man brukar ange att risken för rötangrepp är obefintlig vid relativa fuktigheter under 75 % och för mögelangrepp är risken obefintlig under 70 % förutsatt att temperaturen inte överstiger 15°C. Röt- och mögelangrepp beror inte enbart av nivån hos den relativa fuktigheten utan påverkas även som antyds av temperatur, men också av luft hastighet, ljus och exponeringstid.

Fuktnivån i takisoleringen, tabell B2.1, på insidan om ångspärren varierar i likhet med fuktnivån i utomhusluften, dvs låg ånghalt vintertid och hög ånghalt sommartid. Differensen i ånghalt (dV i tabell B2.1) över ångbromsen är låg, 2011 i genomsnitt $0,2 \text{ g/m}^3$ och 2012 i genomsnitt $0,1 \text{ g/m}^3$. Möjligen kan detta bero på att signalkabeln till fuktgivaren ger upphov till att ångbromsen blir otät.

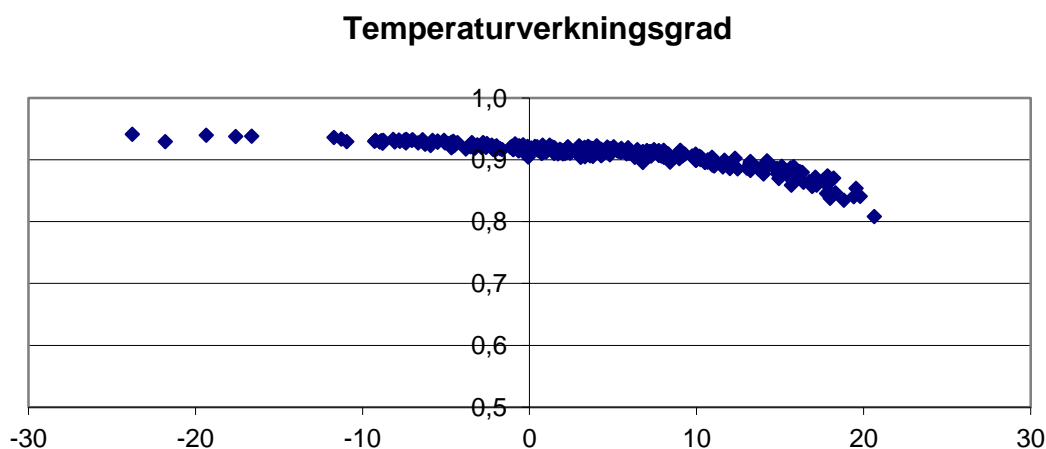
Tabell B2.2 och B2.3 i bilaga 2 visar fuktnivåer i de två ytterväggar, en söder- och en norrvägg, som uppmätts. Ånghalterna i yttervägg mot norr och söder indikerar också att huset började bebos under hösten 2011 eftersom nivåerna då är högre på insidan än utsidan.

Differensen i ånghalt (dV) mellan de olika mätpositionerna i söderväggen är tämligen små, i genomsnitt $0,4 - 0,6 \text{ g/m}^3$ för 2011 och 2012. I norrväggen är differensen i ånghalt över ångspärren $1,0$ respektive $1,5 \text{ g/m}^3$ för 2011 respektive 2012. För norrväggen är således ånghalten genomgående högre på insidan om ångspärren.

I tabell B2.4, se bilaga 2, redovisas fuktmätningar i isoleringen under betongplattan. Fukthalten är lägst närmast betongplattan och som högst i isolerskiktet närmast mot marken. Mätpunkten närmast betongplattan uppvisar en uttorkningsprocess med i genomsnitt en relativ fuktighet på $7,7 \%$ (2011), som vid rådande temperatur 17°C motsvarar ånghalten $1,1 \text{ g/m}^3$. Detta reduceras under 2012 till i genomsnitt till $4,9 \%$ relativ fuktighet eller $0,6 \text{ g/m}^3$. För mätpunkten i mittenpartiet av isoleringen och närmast mot marken är den genomsnittliga fuktnivån i stort sett oförändrat hög med en genomsnittlig ånghalt på $8 - 9 \text{ g/m}^3$.

2.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer

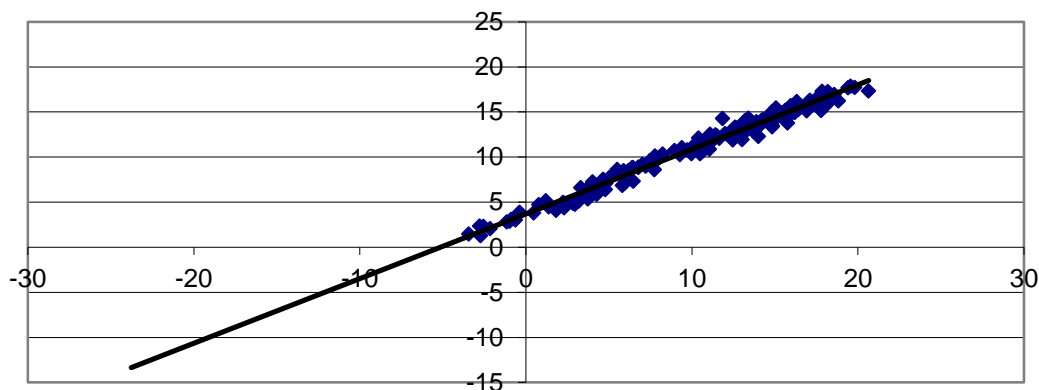
Mätningar av temperaturverkningsgraden, se figur 2.3, visar att värmeväxlaren i luftbehandlingsaggregatet har en konstant hög verkningsgrad på i genomsnitt 93% vid lägre utetemperaturer. I figur 2.3 framgår också att verkningsgraden reduceras ned mot 80% vid de högre temperaturer som råder sommartid.



Figur 2.3 – Temperaturverkningsgrad luft-luft värmeväxlare vid olika utetemperaturer.

Funktionen hos förvärmning av uteluft i den markförlagda kanalen visas i figur 2.4.

Värmning och kylning av uteluft i mark

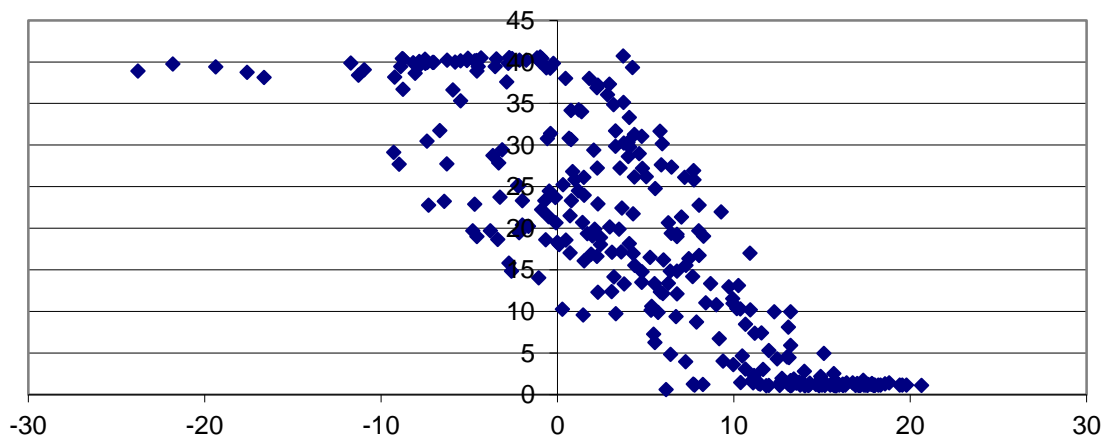


Figur 2.4 – Uteluftens temperatur efter passage av markförlagd tilluftkanal. Den linjära regressionen av temperaturen har följande uttryck: $0,72T_u + 3,7^{\circ}\text{C}$ (korrelationskoefficient 0,98).

Som framgår kan den markfövärmade uteluftens temperatur beskrivas av ett linjärt samband med avseende på utetemperaturen, vilket indikerar att tilluftflödet är konstant. Vid utetemperaturen 0°C är således inkommande uteluftstemperatur före värmeväxlaren $3,7^{\circ}\text{C}$ och vid utetemperaturen -20°C är uteluftstemperatur före värmeväxlaren $-10,7^{\circ}\text{C}$.

Energianvändningen (dygnsmedelvärden) i ventilationssystemet visar, figur 2.5, att vid utetemperaturer mellan 10 till 15°C finns förutom drift av fläktarna även behov av eftervärmning av tilluften. Oavsett utetemperatur är energibehovet 40 kWh/dygn , dvs motsvarande en medeleffekt på $1,67 \text{ kW}$.

Eftervärmning av tilluft



Figur 2.5 – Elektrisk eftervärmning [kWh/dygn] av tilluft vid olika utetemperatur.

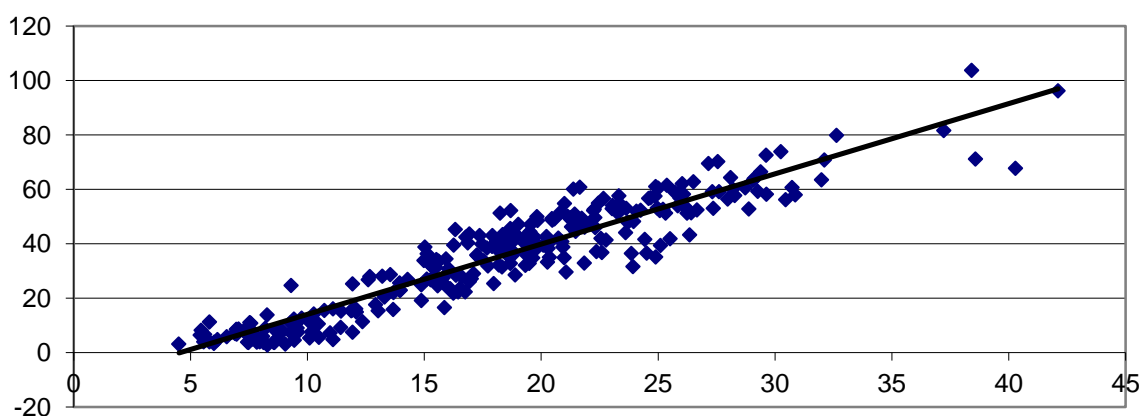
2.7.3 Energi

Husets energisignatur med avseende på dygnsmedelvärden av golvvärme och eftervärmning (inklusive energi för drift av pump och fläktar) illustreras i figur 2.6. Linjära regressioner av energisignaturen ges av följande samband:

$2,42(T_i - T_u) - 16,3$	(2011, total värme)	[5]
$2,53(T_i - T_u) - 8,80$	(2011, total värme och hushållsel)	[6]
$2,21(T_i - T_u) - 12,3$	(2012, total värme)	[7]
$2,58(T_i - T_u) - 11,8$	(2012, total värme och hushållsel)	[8]

Korrelationskoefficienten för anpassningarna [5] - [8] är 0,85. Såväl riktningskoefficienten som konstanten ökar om hushållsenergin inkluderas i signaturen. Att riktningskoefficienten ändras indikerar att det finns en temperaturberoende ($T_i - T_u$) komponent i hushållsenergi. Denna komponent är som framgår större under 2012, dvs jämför koefficienten för anpassning [7] och [8]. Vid beräkning av husets U_m -värde har husets förlustfaktor beräknats både med avseende på signaturens koefficient för enbart total värmeanvändning och baserat på total värme och hushållsenergi.

Energisignatur villa Pettersson



Figur 2.6 – Energisignatur [kWh/dygn] av total värmeanvändning i villa Pettersson,

För 2011 betyder det att U_m -värdet blir 0,22 respektive 0,24 $W/m^2\text{°C}$. Motsvarande beräkning för 2012 ger att U_m -värdet blir 0,21 respektive 0,24 $W/m^2\text{°C}$. Dessa resultat kan inte jämföras med något

projekterat U_m -värde, eftersom det inte finns krav på detta för byggnader som klassificeras som fritidshus.

Husets normalårskorrigerade värmeanvändning vid inomhustemperaturen 20°C är, baserat på 2011 och 2012 (tabell 2.1) inklusive energi till fläktar och cirkulationspump, 10 239 kWh/år.

Energianvändningen för tappvarmvatten är 1 800 kWh/år, dvs den specifika energianvändningen enligt BBR's definition blir 86,6 (kWh/m², år). Husets totala energianvändning, inklusive hushållsenergi 2 933 kWh, uppgår således till 14 972 kWh.

Övriga mätta, beräknade parametrar och nyckeltal för villa Pettersson är sammanfattade i tabell 2.1. De ytor som ligger till grund för angivna parametrar och nyckeltal är enligt följande:

- uppvärmd golvyta där lufttemperaturen är högre än 10°C, 139 m² (Atemp)
- omslutande ytor mot uteluft, 429 m²
- fläktstyrd ventilerad luftvolym, 333,6 m³

Tabell 2.1 – Sammanställning av uppmätta och beräknade parametrar och nyckeltal i villa Pettersson.

År	Q _{värme} kWh/m ² år (kWh/år)	Q _{tvv} kWh/m ² år (kWh/år)	Q _{Hel} kWh/m ² år (kWh/år)	Totalt kWh/m ² år (kWh/år)	B W/°C	q ₅₀ l/sm ²	q _T l/s	q _F l/s	Luftoms oms/tim
2011	78,3 (10 888)	14,2 (1 969)	23,4 (3 259)	115,9 (16 116)	106				
2012	69,0 (9 590)	11,7 (1 631)	18,8 (2 607)	99,5 (13 828)	108				
						0,34	34	34,5	0,37

Förkortningar: Q_{värme} är total värme per Atemp och per år inom parentes (golvvärme, radiatorer, eftervärme tilluft) normalårskorrigerad med hjälp av energisignaturen, Q_{tvv} är tappvarmvatten, Q_{Hel} är verksamhetsenergi (hushållsel), B är husets värmeförlustfaktor baserat på energisignatur av total värme och hushållsenergi, q₅₀ är uppmätt läckflöde enligt täthetsprovning, q_T och q_F är uppmätt till- respektive frånluftflöde.

Kommentarer: Den lägre normalårskorrigerade värmeanvändningen 2012 (jämfört med 2011) är en konsekvens av förändringen av energisignaturen, dvs anpassning [7] jämfört med [5], vilken indikerar att värmeförlusten 2012 även belastar hushållsenergin. De uppmätta till- och frånluftflödena enligt tabell 2.1 blir per uppvärmd golvyta 0,24 respektive 0,25 l/s,m².

3 Villa Carlstedt

3.1 ALLMÄN BESKRIVNING

Villa Carlstedt är en enfamiljsvilla med en uppvärmd boarea om 217 m². Huset är delvis uppfört i två våningsplan. Byggnaden har liggande träpanel som fasadmateriäl och relativt stora fönster mot söder. Yttertak \ddot{e} t är belagt med takpannor i betong. Grundkonstruktionen utgörs av betongplatta på mark och stommen är en regelstomme i trä. Under mätperioden har huset varit bebott av två vuxna och två barn.



Figur 3.1 villa Carlstedt

3.2 Värmesystem

En bergvärmepump med ett borrhålsdjup på 210 m förser villan med tappvarmvatten och värme via vattenburen golvvärme på bottenvåningen och vattenradiatorer på övervåningen. Bergvärmepumpen, NIBE F1245 med effekten 10 kW, är placerad i garaget och anslutningen till huset sker via en värmekulvert. Värmefaktorn (COP-värdet) anges i energibehovsberäkningen till 5 för värme och 3 för varmvatten. Den totalt installerade elektriska effekten i huset för uppvärmning är 10,67 kW (tillsatseffekt 4-stegs elkasset i värmepump och eftervärmare tilluft).

3.3 Ventilationssystem

Ventilationssystemet är ett till- och frånluftssystem innehållande luftbehandlingsaggregat, Systemair VR 700 DCV, som har roterande värmväxlare. Värmväxlarens temperaturverkningsgrad anges i produktspecifikationen vara 80 % och den elektriska effekten för eftervärmning är maximalt 1,67 kW.

3.4 Isolering

Under betongplattan finns 300 mm cellplastisolering mot mark och ytterväggarna utgörs av konventionella träregelväggar med 285 mm mineralullsisolering. I taket finns ett 600 mm tjockt lager lösull. Huset har ett beräknat U_m -värde på 0,25 W/m²K.

3.5 Beräknad energianvändning

Behovet av köpt energi (bergvärmepump) är beräknat till 34 kWh/m² och år för uppvärmning och tappvarmvatten. Husets beräknade energibehov med avseende på transmissions-, ventilationsförluster och tappvarmvatten är uppskattat till 123 kWh/m² och år.

3.6 Produktionskostnad för huset

Totalt uppgår produktionskostnaden till 3,2 Mkr.

3.7 Resultat villa Carlstedt

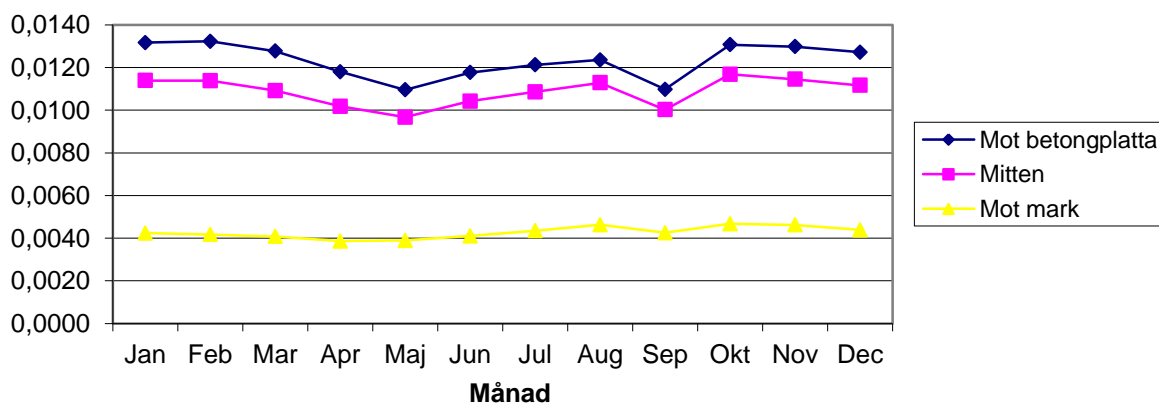
Provtryckning av huset visade ett q50-värde på 0,37 [liter/s, omslutande area]. I nuvarande klassning anges ett q50-värden inom intervallet 0,3 till 0,45 [liter/s, omslutande area] att motsvara en lufttät byggnad. Manuellt genomförda flödesmätningar av den fläktstyrda ventilationen visade att tilluftflödet är 73 liter/s och att frånluftflödet är 76 liter/s, vilket motsvarar en fläktstyrd luftomsättning på 0,52 luftomsättningar per timme.

3.7.1 Fukt

Man brukar ange att risken för rötangrepp är obefintlig vid relativa fuktigheter under 75 % och för mögelangrepp är risken obefintlig under 70 % förutsatt att temperaturen inte överstiger 15°C. Röt- och mögel- angrepp beror inte enbart av nivån hos den relativa fuktigheten utan påverkas även som antyds av temperatur, men också av lufthastighet, ljus och exponeringstid.

Givare för mätning av temperatur och relativ fuktighet installerades i isolermaterial i tak, väggar och golv (under betongplattan) i samband med byggnationen av huset. Baserat på dessa mätningar har ånghalter beräknats och redovisas i bilaga 3 i form av månadsmedelvärden i tabell B3.1 – B3.4. Installationerna av fuktsensorerna är att betrakta som permanenta och det finns av naturliga orsaker ingen möjlighet att ersätta (tex genom att bila upp betonggolv eller att öppna i tak och väggar i nybyggda hus) en fuktgivare som upphört att fungera. Givarna i isoleringen under betonggolvet uppvisar oväntade fuktnivåer, vilket exemplifieras av ånghalterna i figur 3.2. Det som förväntas är att sensorn närmast marken skall visa högst ånghalt och att sensorn i isoleringen närmast den varma golvytan skall visa lägst ånghalt. En rimlig förklaring till att så inte är fallet är att vatten från framförallt gjutningen av betonggolvet har inneslutits i utrymmet kring fuktsensorn som därmed uppvisar oväntat höga fuktnivåer, vilket är fallet för fuktsensorerna som sitter närmast betongskiktet (tabell B3.4 för T_1 , RH_1) och i det mittersta isolerskiktet (tabell B3.4 för T_2 , RH_2).

Ånghalt i cellplastisolering under betongplatta



Figur 3.2 – Ånghalt [kg/m^3] i isolering under betongplatta.

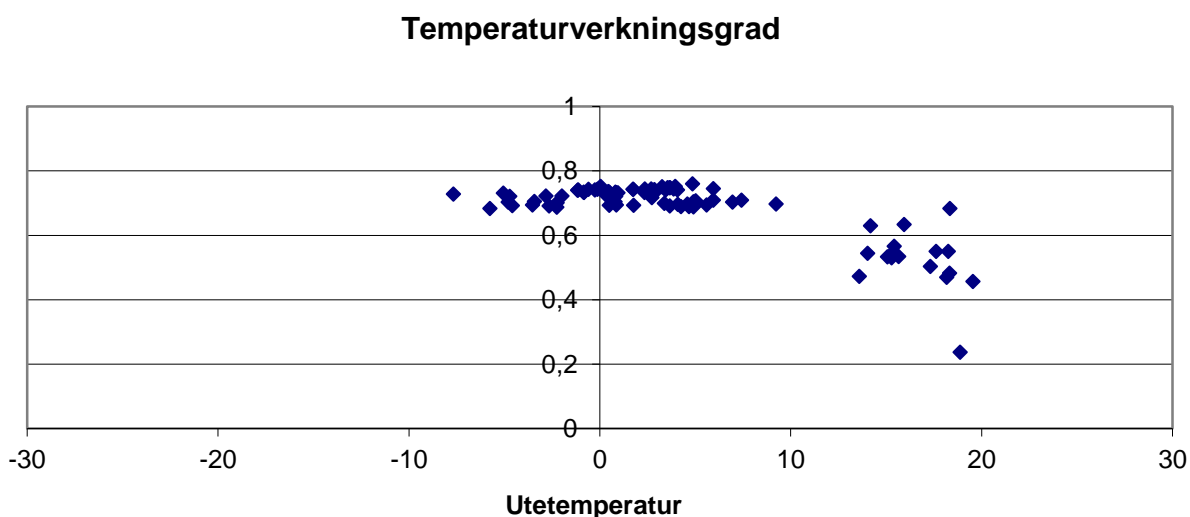
Fuktmätningarna i cellplastisoleringen under betongplattan, se tabell B3.4 i bilaga 3, uppvisar pga ovan ingen tendens till uttorkning under 2011 och 2012.

Den genomsnittliga uppmätta fuktnivån är för övriga punkter i husets klimatskärm mot uteluft betydligt lägre än risknivån för mögel och röta. Ånghalten i takisoleringen på utsidan om fuktspärren uppvisar närmast orimligt låg relativ fuktighet och därmed mycket låg ånghalt (tabell B3.1), för mätningar under 2011 i genomsnitt 3,3 % respektive $0,3 \text{ g/m}^3$ och för 2012 i genomsnitt 2,6 % respektive $0,2 \text{ g/m}^3$. Det är tveksamt om dessa fuktnivåer kan anses realistiska eller om det har inträffat något fel i själva fuktsensorn. Resultatet är dock att differensen i ånghalt (dV i tabell B3.1) över ångspärren är hög, 2011 i genomsnitt $4,6 \text{ g/m}^3$ och 2012 i genomsnitt $4,3 \text{ g/m}^3$.

Tabell B3.2 och B3.3 i bilaga 3 visar fuktnivåer i de två ytterväggarna som uppmätts. Under 2011 är fuktnivån genomgående högre på insidan om ångspärren i söderväggen, i genomsnitt en minskning av ånghalten över ångspärren med $1,2 \text{ g/m}^3$. Skillnaden i ånghalt över ångspärren i ytterväggen mot norr är avsevärt lägre, i genomsnitt endast $0,02 - 0,1 \text{ g/m}^3$.

3.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer

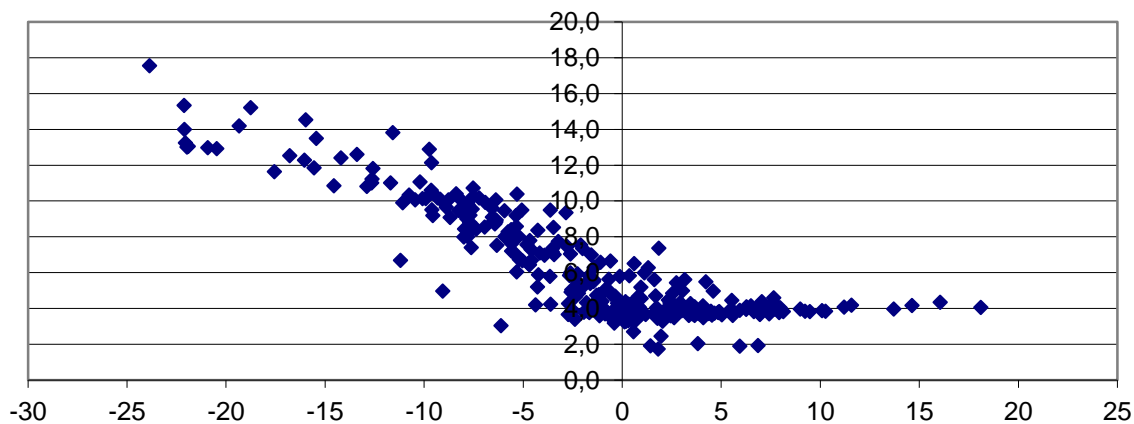
Mätningar av temperaturverkningsgraden, figur 3.3, visar att värmeväxlaren har en verkningsgrad på i genomsnitt 70 % inom utetemperaturintervallet -10 till 10°C . Vid högre utetemperaturer avtar som avsett verkningsgraden och därmed undviks oönskat höga tillufttemperaturer under sommarperioden.



Figur 3.3 – Temperaturverkningsgrad i den roterande luft-luft värmeväxlaren vid olika utetemperatur. Mätbortfall av tillufttemperatur vid utetemperaturer under -10°C .

Figur 3.4 visar total elenergianvändning till luftbehandlingsaggregatet inklusive eftervärmning av tilluften vid olika utetemperaturer. Vid den lägsta dygnsmedeltemperaturen, -24°C , tillförs 17,54 kWh el till aggregatet, dvs motsvarande medeleffekt är 0,73 kW. Vid den lägsta utetemperaturen $-28,1^{\circ}\text{C}$ (tim-medelvärde) uppmättes totalt en medeleffekt på 0,85 kW. Dessa effektnivåer utgör 34 respektive 39 % av total elektrisk effekt enligt produktspecifikationen för eftervärmare (1,67 kW) och fläktar ($2 \times 0,24$ kW).

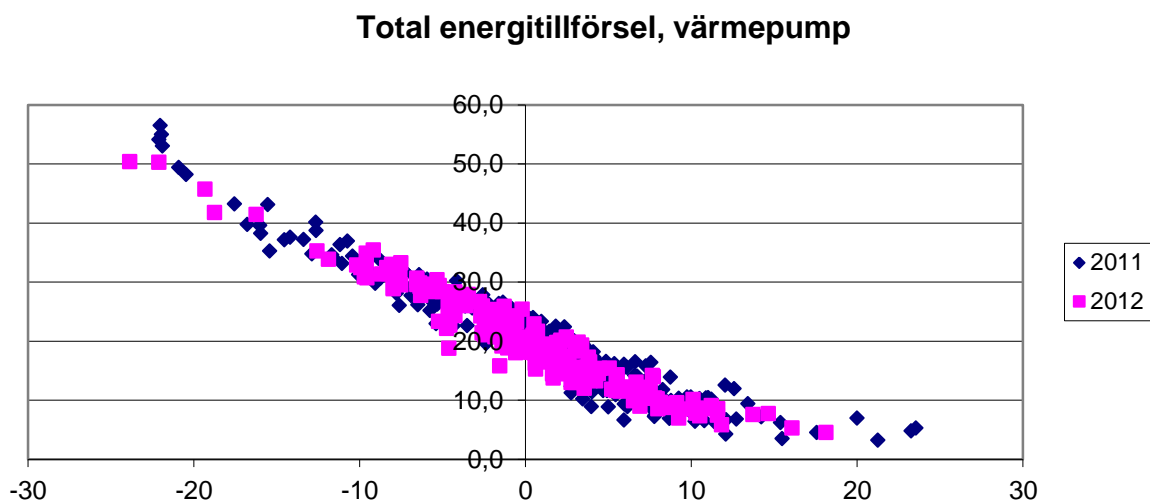
Total elenergi till luftbehandlingsaggregat



Figur 3.4 – Total elenergianvändning [kWh/dygn] för till- och frånluftfläkt, motor roterande värmeväxlare och eftervärmare tilluft som funktion av utetemperatur. Mätdata 2011 och 2012.

Av figur 3.4 ses att eftervärmning börjar aktiveras vid utetemperaturer kring 0°C . Vid lägre utetemperaturer ökar tillförd elenergi, vilket är naturligt eftersom mer eftervärmning krävs för att upprätthålla inställd tillufttemperatur. Vid utetemperaturer i intervallet $5 - 20^{\circ}\text{C}$ är elenergitillförseln till aggregatet närmast oberoende av utetemperaturen, dvs här är lasten mer konstant på 4 kWh/dygn (0,17 kW), vilket då utgörs av energi för driften av till- och frånluftfläktarna.

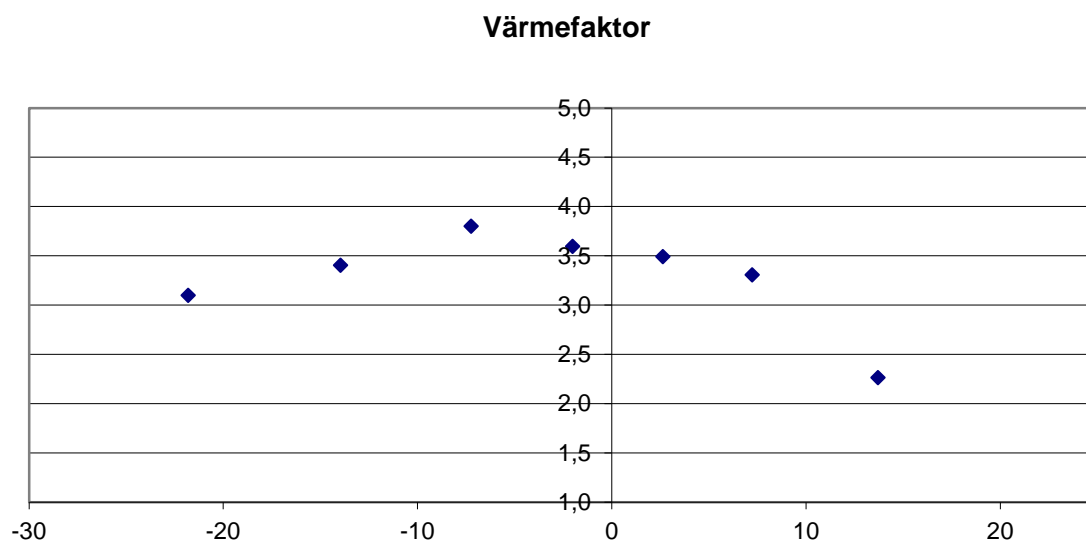
Mätningarna av luftbehandlingsaggregatet visar på god funktion, ingen onödig eftervärmning tycks förekomma kanske är temperaturverkningsgraden aningen låg med tanke på att uppmätt frånluftflöde är $0,076 \text{ m}^3/\text{s}$ med ett luftförhållande på 1,04. Enligt produktspecifikation skall temperaturverkningsgraden därmed kunna vara strax över 80 %.



Figur 3.5 – Total elenergitillförsel till värmepumpsystemet (kWh/dygn) vid olika utetemperaturer.

Drifttiden för bergvärmepumpen ökar och därmed ökar tillförd elenergi, eftersom husets värmebehov stiger när utetemperaturen minskar, se figur 3.5. Mätdata följer, som framgår av figuren, samma beroende av utetemperaturen för både 2011 och 2012. Vid utetemperaturer över ca 10°C övergår värmepumpen från att leverera energi till såväl värmesystemet (golvvärme och radiatorer) som tappvarmvatten till att framförallt bereda enbart tappvarmvatten. Under mätperioden har enligt figur 3.5 största tillförda elenergin varit 56,5 kWh/dygn (medeleffekt 2,35 kW) vid dygnsmedeltemperaturen, -22,1°C.

Summan av uttagen energi för tappvarmvatten, uttagen energi till värmesystemet och tillförd elenergi till värmepumpen i förhållande till tillförd elenergi till värmepumpen utgör driftprestanda i



Figur 3.6 – Värmefaktor hos bergvärmepumpen vid olika utetemperaturer.

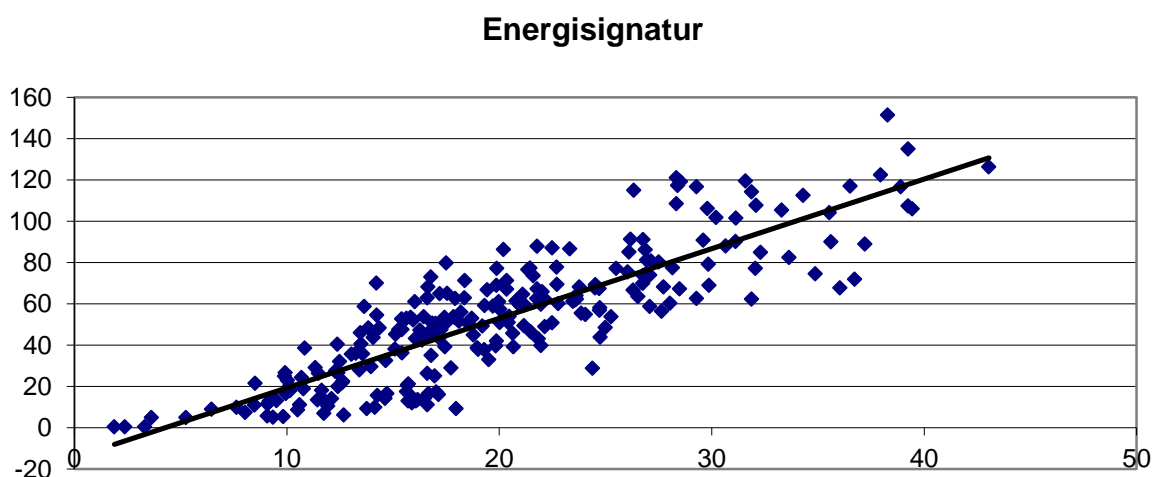
form av värmefaktorn som redovisas i figur 3.6 för olika utetemperaturer. Varje punkt i figuren är medelvärde av värmefaktorn inom 5°C-intervall för utetemperaturer mellan -15 till 10°C. Värmefaktorn vid den lägsta medel-utetemperaturen är baserad på endast ett fåtal värden, så om man bortser från denna så visar figur 3.6 att värmefaktorn uppnår ett medelvärde på 3,5 när värmepumpen levererar såväl värme som tappvarmvatten. Med denna värmefaktor och ovan angiven medeleffekt (2,35 kW) vid lägsta utetemperaturen (-22,1°C) är medeleffektuttaget hos värmepumpen 7,3 kW. Perioder med enbart behov av tappvarmvatten innebär att värmefaktorn reduceras, ned mot 2, vilket framgår av figur 3.6.

3.7.3 Energi

Husets energisignatur med avseende på energianvändning på dygnsbasis för värmesystemet och eftervärmning (inklusive energi för drift av cirkulationspump och fläktar) illustreras i figur 3.7. De linjära regressionerna av energisignaturen ges av följande samband:

$3,40(T_i - T_u) - 15,0$	(2011, total värme)	[9]
$3,37(T_i - T_u) + 2,25$	(2011, total värme och hushållsel)	[10]
$3,00(T_i - T_u) - 6,11$	(2012, total värme)	[11]
$3,26(T_i - T_u) + 1,51$	(2012, total värme och hushållsel)	[12]

Där T_i är innetemperatur och T_u är utetemperatur. Korrelationskoefficienten för anpassningarna [9] - [12] är 0,7, vilket är lågt och beror på stor spridning i energiuttaget (dygnsbasis) till eftervärmning (figur 3.4) och värmesystemet. Såväl riktningskoefficienten som konstanten ökar om hushållsenergin inkluderas i signaturen. Att riktningskoefficienten ändras indikerar att det finns en temperaturberoende ($T_i - T_u$) komponent i hushållsenergi. Vid beräkning av husets U_m -värde har husets förlustfaktor beräknats både med avseende på signaturens koefficient för enbart total värmeanvändning och baserat på total värme och hushållsenergi.



Figur 3.7 – Energisignatur (dygnsmedelvärden) för villa Carlstedt.

För 2011 är skillnaden i riktningskoefficient väldigt liten, vilket betyder det att U_m -värdet i båda fallen blir $0,18 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Motsvarande beräkning för 2012 ger att U_m -värdet blir $0,16$ respektive $0,18 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Dessa resultat kan jämföras med projekterat U_m -värde som anges vara $0,25 \text{ W/m}^2\text{°C}$ enligt energibehovsberäkningen.

Husets normalårskorrigerade värmeanvändning vid inomhustemperaturen 20°C är, baserat på 2011 och 2012 (tabell 3.1) inklusive energi till fläktar och cirkulationspump, $16\,880 \text{ kWh/år}$. Energianvändningen för tappvarmvatten är $3\,031 \text{ kWh/år}$, dvs den specifika energianvändningen enligt BBR's definition blir $91,7 \text{ kWh/m}^2\text{år}$. Husets totala energianvändning, inklusive hushållsel $5\,330 \text{ kWh/år}$, uppgår således till $25\,241 \text{ kWh/år}$.

Övriga beräknade parametrar och nyckeltal för villa Carlstedt är sammanfattade i tabell 2.1 och de ytor som ligger till grund för angivna parametrar och nyckeltal är enligt följande:

- uppvärmd golvyta där lufttemperaturen är högre än 10°C , 217 m^2 (Atemp)
- omslutande ytor mot uteluft, 616 m^2
- fläktstyrd ventilerad luftvolym, $520,8 \text{ m}^3$

Tabell 3.1 – Sammanställning av uppmätta och beräknade parametrar och nyckeltal i villa Carlstedt.

År	$Q_{\text{värme}}$ kWh/m ² år (kWh/år)	Q_{tvv} kWh/m ² år (kWh/år)	Q_{Hel} kWh/m ² år (kWh/år)	Totalt kWh/m ² år (kWh/år)	B W/°C	q_{50} l/sm ²	q_T l/s	q_F l/s	Luftoms oms/tim
2011	78,7 (17 070)	14,4 (3 117)	28,0 (6 083)	121,1 (26 270)	140				
2012	79,6 (16 691)	13,6 (2 945)	21,1 (4 576)	111,6 (24 213)	136				
						0,37 ¹	73	76	0,52

Fotnot: ¹ tryckprovning av byggnaden vid två olika tillfällen gav samma luftläckage. Förkortningar: $Q_{\text{värme}}$ är total värme per Atemp och per år inom parentes (golvvärme, radiatorer, eftervärme tilluft) normalårskorrigerad med hjälp av energisignaturen, Q_{tvv} är tappvarmvatten, Q_{Hel} är verksamhetsenergi (hushållsel), B är husets värmeförlustfaktor baserat på energisignatur av total värme och hushållsenergi, q_{50} är uppmätt läckflöde enligt täthetsprovning, q_T och q_F är uppmätt till- respektive frånluftflöde.

Kommentarer: de uppmätta till- och frånluftflödena enligt tabell 3.1 blir per uppvärmd golvyta $0,34$ respektive $0,35 \text{ l/s,m}^2$. Det projekterade behovet av köpt energi för uppvärmning och tappvarmvatten angavs till 34 kWh/m^2 och år. Enligt genomförda mätningar ($Q_{\text{värme}}$, Q_{tvv} i tabell 3.1 och värmefaktor dvs 3,5-1) är den köpta energin för uppvärmning och tappvarmvatten i genomsnitt 37 kWh/m^2 och år, dvs i god överensstämmelse med projekterat värde.

4 Villa Dario

4.1 ALLMÄN BESKRIVNING

Villa Dario är en tvåvåningsvilla som är byggd i en V-formation som är orienterad mot söder, vilket även de flesta fönster är för att maximalt nyttja solvärme. Den totala uppvärmda golvarean är 270 m². Taket är ett sadeltak med en beklädnad av betongpannor. Ytterväggarna har utvändigt träpanel och grunden är av typen platta (tjocklek 0,1 m) på mark.



Figur 4.1 Villa Dario

4.2 Värmesystem

Huset har fjärrvärme för tappvarmvatten och värme. I husets nedervåning är golvvärmesystemet integrerat i betongplattan och på övervåningen sker uppvärmningen via vattenburna radiatorer. Den totalt installerade elektriska effekten för uppvärmning är 0 kW.

4.3 Ventilationssystem

Ventilationssystemet är utrustat med en värmeväxlare samt en eftervärmare kopplad till fjärrvärmesystemet för att säkerställa önskad temperatur på tilluften. Manuella mätningar av till- och frånluftflöde visade att tilluftflödet är 0,103 m³/s och frånluftflödet är 0,083 m³/s.

4.4 Isolering

Under betonggrunden ligger ett 400 mm tjockt lager av cellplast och väggarna har ett skikt av 370 mm lösullsisolering som utgörs av träfiber från tall vilket uppges ha en låg genomsläpplighet för luft och ha hög värmelagringsförmåga. I taket finns ett 500 mm tjockt lager av tall-träfibrer av lös karaktär för att bättre täppa till de luftfickor som kan uppstå mellan tvärslår i takkonstruktionen.

4.5 Projekterad energianvändning

Projekterad energianvändning för Villa Dario är 108 kWh/m²,år inklusive hushållsel. Denna beräkning innefattar bostad, garage och vindfång med en sammanlagd yta på 309 m² uppvärmd yta. Total energianvändning för uppvärmning, tappvarmvatten och fastighetsenergi är beräknat till 23 435 kWh/år vilket blir utslaget per ytenhet 76 kWh/m², år. U_m-värde för byggnaden är beräknat till 0,21 W/m² °C, exklusive köldbryggor.

4.6 Produktionskostnad för huset

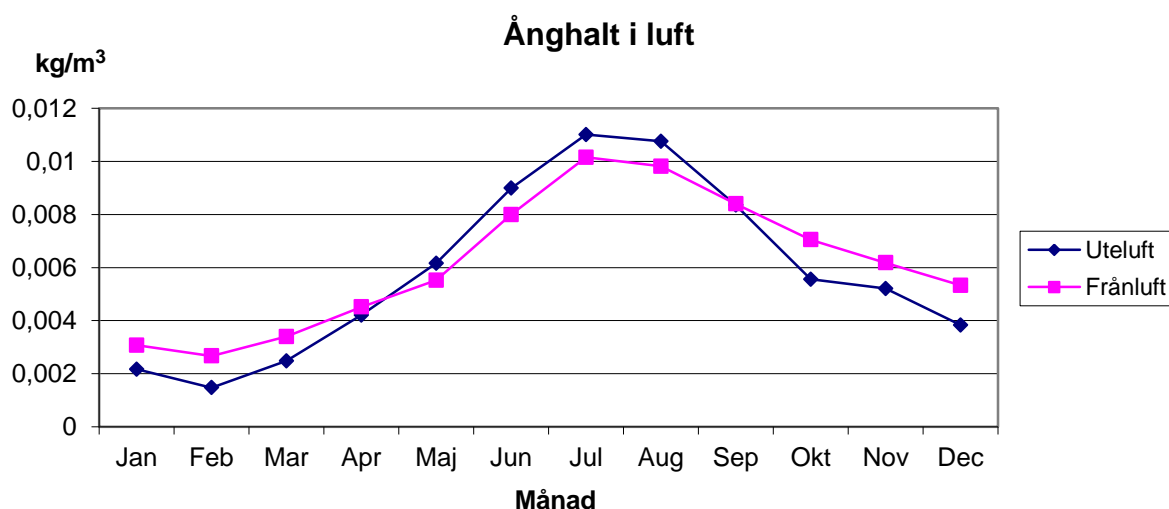
Drygt 5 Mkr. Ingen exakt siffra för kostnaden finns i nuläget.

4.7 Resultat villa Dario

På grund av icke fungerande drift av ventilationssystemet har husets energisignatur och uppskattningar av årsenergi för tappvarmvatten och hushållsel i denna rapport baserats på mätperioden 2012-01-01 tom 2012-05-07. Det faktum att nya boende flyttade in i huset under hösten 2011 har också inneburit att förutsättningar förändrades där mätningarna visade på en tydlig ökning i den boenderelaterade energianvändningen som för tappvarmvatten ökade från 8,7 till 17,8 kWh/dygn och hushållsel ökade från 14,1 till 23,4 kWh/dygn under 2011.

4.7.1 Fukt

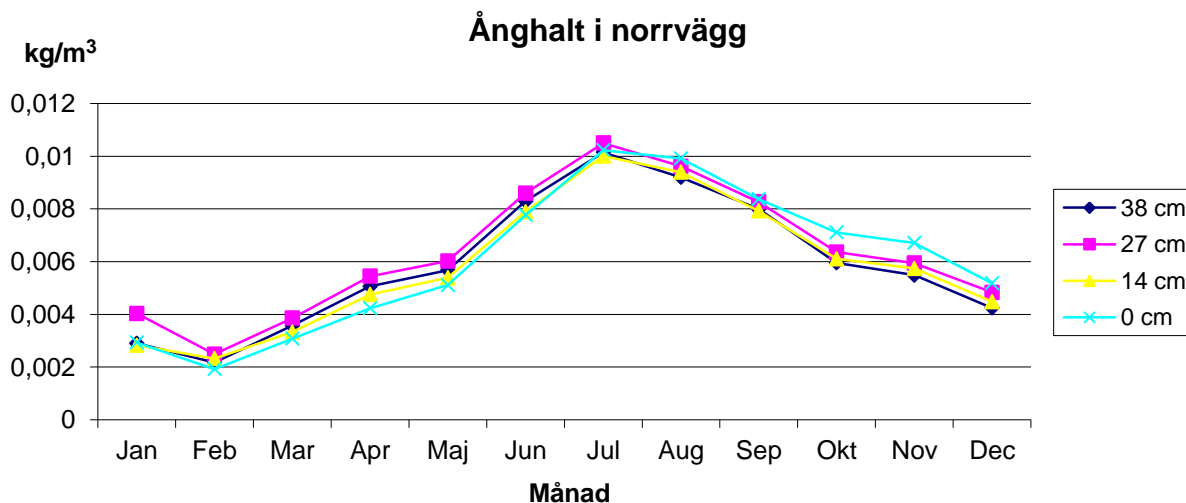
Sensorer för mätning av temperatur och relativ fuktighet installerades på olika djup i isolermaterial i tak, väggar och under betongplattan i samband med byggnationen av huset. Baserat på dessa mätningar kan ånghalten beräknas. Dessa resultat finns sammanställda i bilaga 4 i form av månadsmedelvärden för de olika mätpositionerna. Figur 4.2 visar hur ånghalten i ute- och frånluften varierar över året och skillnaden i ånghalt mellan dessa är ett mått på fuktillskottet till inomhusluften.



Figur 4.2 - Ånghalt utomhus- och i frånluften, 2011.

Ånghalten i frånluften är högre än i utomhusluften under perioden januari till och med april samt under oktober till och med december. Under dessa perioder innebär det att fuktillskottet i genomsnitt är 0,001 kg/m³. Den högsta ånghalten i utomhusluften, 0,011 kg/m³, som motsvarar 70,4% relativ fuktighet, uppmättes i juli månad vars genomsnittliga utomhustemperatur var 18,1°C.

Ånghalterna på olika djup i klimatskärmen följer den månadsvisa variationen av ånghalten i utomhusluften, vilket exemplifieras av figur 4.3 som visar hur ånghalten varierar i norrväggen. Generellt är skillnaden i ånghalt mellan de olika djupen i ytterväggarna små och den relativa fuktigheten varierar i genomsnitt mellan 32,6 – 58,7 % (se tabell B4.3) i norrväggen och mellan 32,3 – 61,2 % i söderväggen (se tabell B4.2). De uppmätta fukt- och temperaturnivåerna utgör ingen risk för röta eller mögel.



Figur 4.3 – Månadsmedelvärden av ånghalt på olika djup (från insidan) i isolering, yttrevägg mot norr.

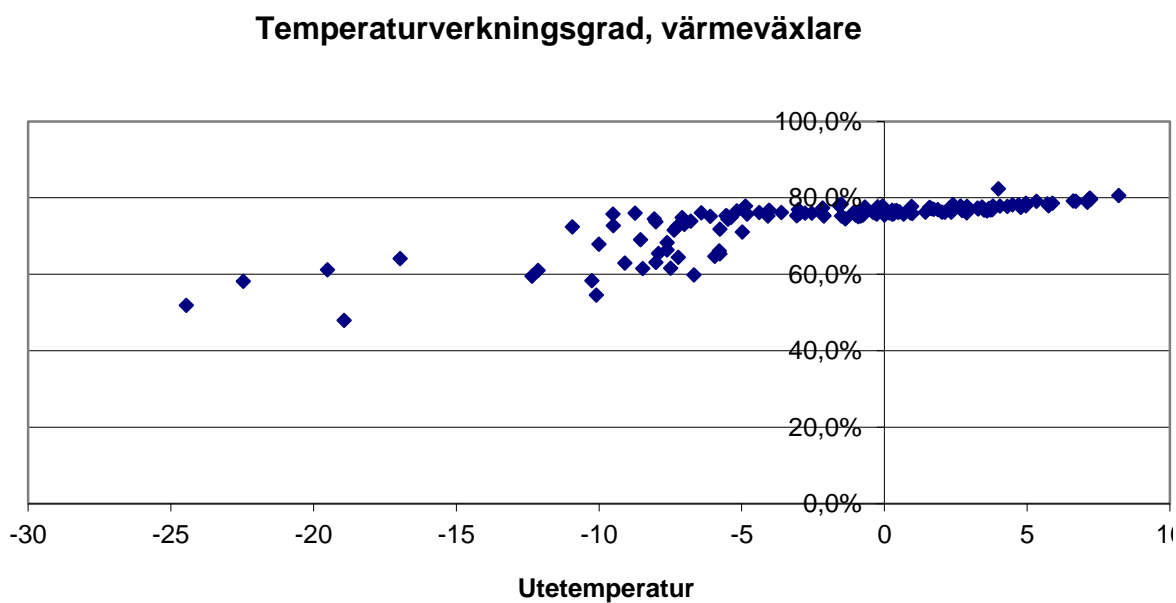
Fuktmätningarna i markisoleringen under betongplattan uppvisar av naturliga skäl ingen samvariation, som i yttreväggarna, med utomhusluftens ånghalt. I cellplastisoleringen närmast betongplattan (T_1 , RH_1 i tabell B4.4) pågår ett uttorkningsförlopp där ånghalten avtar kontinuerligt under 2011 och 2012. Djupare ned i cellplastisoleringen (T_2 , RH_2 i tabell B4.4) är ånghalten närmast konstant, ca $0,002 \text{ kg/m}^3$.

Fuktnivån i takisoleringen, tabell B4.1, varierar i likhet med fuktnivån i utomhusluften, dvs låg ånghalt vintertid och hög ånghalt sommartid. Differensen i ånghalt (dV i tabell B4.1) över ångbromsen är låg, 2011 i genomsnitt $0,2 \text{ g/m}^3$ och 2012 i genomsnitt $0,6 \text{ g/m}^3$. Möjligen kan detta bero på att signalkabeln till fuktgivarens ger upphov till att ångbromsen blir otät.

Man brukar ange att risken för rötangrepp är obefintlig vid relativa fuktigheter under 75 % och för mögelangrepp är risken obefintlig under 70 % förutsatt att temperaturen inte överstiger 15°C . Röt- och mögelangrepp beror inte enbart av nivån hos den relativa fuktigheten utan påverkas även som antyds av temperatur, men också av lufthastighet, ljus och exponeringstid.

4.7.1 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer

Den uppmätta temperaturverkningsgraden (exklusive eftervärmning) i luftbehandlingsaggregatets värmeväxlare är sammanställd i figur 4.5. För utomhustemperatur i intervallet 10 till -5°C varierar verkningsgraden mellan 75 – 80 %. I intervallet -5 till -25°C syns tydligt en ökad spridning i data och även att verkningsgraden reduceras ned till 50 - 60 % vid utetemperaturer ned mot -25°C. Detta indikerar att funktionen hos ventilationen inte är optimal sett ur driftsynpunkt.



Figur 4.5 – Temperaturverkningsgrad baserad på uppmätta dygnsmedelvärden vid olika utomhustemperatur.

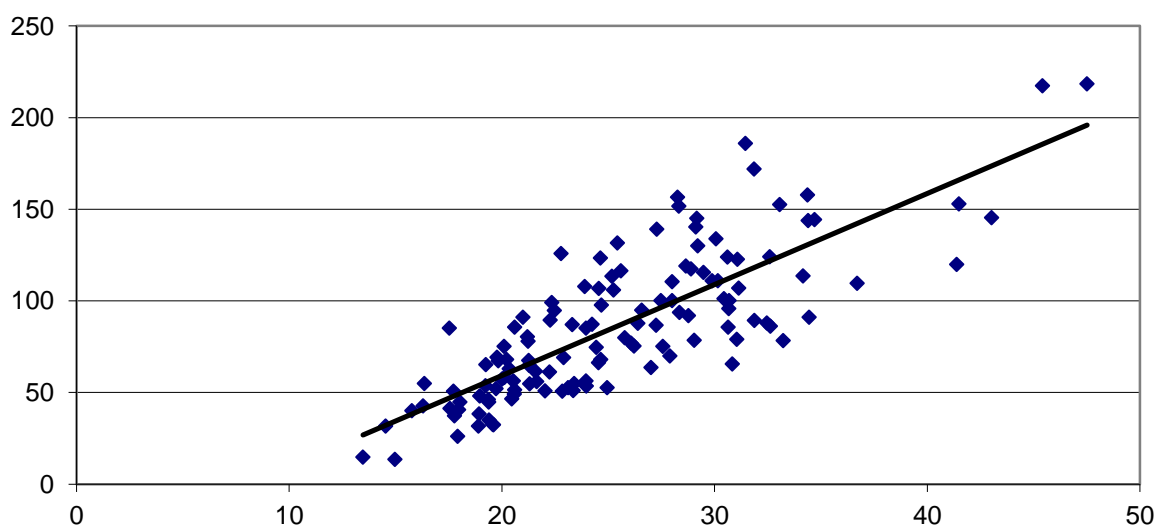
4.7.3 Energi

Husets energisignatur med avseende på dygnsmedelvärden av golvvärme och eftervärmning (inklusive energi för drift av cirkulationspump och fläktar) illustreras i figur 4.6. Linjära regressioner av energisignaturer ges av följande samband:

$$4,96 (T_i - T_u) - 34,9 \quad (2012, \text{ total värme}) \quad [13]$$

$$5,22 (T_i - T_u) - 20,2 \quad (2012, \text{ total värme och hushållsel}) \quad [14]$$

T_i är innetemperatur och T_u är utetemperatur. Korrelationskoefficienten för anpassningarna [13] och [14] är väldigt låg endast 0,63 på grund av stor spridning i mätdata. Såväl riktningskoefficienten som konstanten ökar om hushållsenergin inkluderas i signaturen. Att riktningskoefficienten ändras indikerar att det finns en temperaturberoende ($T_i - T_u$) komponent i hushållsenergi. Vid beräkning av husets U_m -värde har husets förlustfaktor beräknats både med avseende på signaturs koefficient för enbart total värmeanvändning och baserat på total värme och hushållsenergi.



Figur 4.6 – Energisignatur (kWh/dygn) av total värmeanvändning i villa Dario som funktion av temperaturskillnaden inom- och utomhus.

U_m -värdet baserat på riktningskoefficienten enligt energisignatur [13] blir 0,21 och enligt energisignatur [14] blir U_m -värdet 0,24 $W/m^2\text{°C}$. Dessa resultat kan jämföras med projekterat U_m -värde som anges vara 0,21 $W/m^2\text{°C}$ enligt energibehovsberäkningen.

Husets normalårskorrigerade värmeanvändning vid inomhustemperaturen 20°C är, för 2012 (tabell 4.1) inklusive energi till fläktar och cirkulationspump, 19 226 kWh/år. Energianvändningen för tappvarmvatten är 5 558 kWh/år, dvs den specifika energianvändningen enligt BBR's definition blir

92 kWh/m²år. Husets totala energianvändning, inklusive hushåll 6 695 kWh, blir således 31 479 kWh/år.

Övriga beräknade parametrar och nyckeltal för villa Dario är sammanfattade i tabell 4.1 och de ytor som ligger till grund för angivna parametrar och nyckeltal är enligt följande:

- uppvärmd golvyta där lufttemperaturen är högre än 10°C, 270 m² (Atemp)
- omslutande ytor mot uteluft, 647 m²
- fläktstyrd ventilerad luftvolym, 675 m³

Tabell 4.1 – Sammanställning av uppmätta och beräknade parametrar och nyckeltal i villa Dario.

År	Q _{värme} kWh/m ² år (kWh/år)	Q _{tvv} kWh/m ² år (kWh/år)	Q _{Hel} kWh/m ² år (kWh/år)	Totalt kWh/m ² år (kWh/år)	B W/°C	q ₅₀ l/sm ²	q _T l/s	q _F l/s	Luftoms oms/tim
2012	71,2 (19 226)	20,6 (5 558)	24,8 (6 695)	116,6 (31 479)	218	0,25	103	83	0,44

Förkortningar: Q_{värme} är total värme per Atemp och per år inom parentes (golvvärme, radiatorer, eftervärme tilluft) normalårskorrigerad med hjälp av energisignaturen, Q_{tvv} är tappvarmvatten, Q_{Hel} är verksamhetsenergi (hushållsel), B är husets värmeförlustfaktor baserat på energisignatur av total värme och hushållsenergi, q₅₀ är uppmätt läckflöde enligt täthetsprovning, q_T och q_F är uppmätt till- respektive frånluftflöde.

Kommentarer: På grund av icke fungerande drift av ventilationssystemet har husets energisignatur och uppskattningar av årsenergi för tappvarmvatten och hushållsel i denna rapport baserats på mätperioden 2012-01-01 tom 2012-05-07. Det faktum att nya boende flyttade in i huset under hösten 2011 har också inneburit att förutsättningar förändrades där mätningarna visade på en tydlig ökning i den boenderelaterade energianvändningen. De uppmätta till- och frånluftflödena enligt tabell 4.1 blir per uppvärmd golvyta 0,38 respektive 0,31 l/s,m².

5 Flerbostadshuset Gröngård

5.1 ALLMÄN BESKRIVNING

Huset Gröngård på Gimoborg är ett bostadsrätthus i två våningar med totalt 6 lägenheter. Den uppvärmda golvarean är 562 m². Husets stomme är byggd i betong med utfackningsväggar. Ytterväggarna har träpanel och grunden är platta på mark, som har tjockleken 120 mm.



Figur 5.1 Gröngård

5.2 Värmesystem

Huset är anslutet till fjärrvärme för tappvarmvatten och uppvärmning. Värme distribueras via radiatorer och golvvärme i badrum samt eftervärmning av tilluft. Den totalt installerade elektriska effekten för uppvärmning är 0 kW.

5.3 Ventilationssystem

Ventilationen i varje lägenhet utgörs av tilluft i vardagsrum, sovrum och hall och frånluft från kök och badrum. Ett gemensamt luftbehandlingsaggregat, Fläkt Woods TopMaster (RDTM-030-1-1-2-1-2-0-1), med roterande värmeväxlare återvinner värme i frånluften och eftervärmer ingående tilluft med fjärrvärme.

5.4 Isolering

I grunden under betongplattan, som har tjockleken 120 mm, ligger 200 mm markisolering. Randen runt grunden är isolerad med 150 mm kantelement. Ytterväggar är isolerade med 240 mm mineralull och 45 mm klimatskiva mot utsidan. Vindsbjälklaget är isolerat med 500 mm lösull.

5.5 Beräknad energianvändning

Projekterad specifik energianvändning har angivits till 57 kWh/m², år. Vid dessa beräkningar antogs bland annat fläktstyrt luftflöde till 230 l/s och ventilationsvärmeväxlarens temperaturverkningsgrad till 80 %. U_m-värdet vid projekterad energibehovsberäkning uppgavs till 0,21 W/°Cm².

5.6 Produktionskostnad för huset

Totalentreprenadkostnaden uppgår till ca 6,5 Mkr exklusive moms.

5.7 Resultat flerbostadshuset Gröngård

5.7.1 Fukt

Sensorer för mätning av temperatur och relativ fuktighet installerades på olika djup i isolermaterial i tak, väggar och under betongplattan i samband med byggnationen av huset. Man brukar ange att risken för rötangrepp är obefintlig vid relativa fuktigheter under 75 % och för mögelangrepp är risken obefintlig under 70 % förutsatt att temperaturen inte överstiger 15°C. Röt- och mögelangrepp beror inte enbart av nivån hos den relativa fuktigheten utan påverkas även som antyds av temperatur, men också av lufthastighet, ljus och exponeringstid.

Den genomsnittliga fuktnivån för samtliga mätpunkter i husets klimatskärm är betydligt lägre än risknivån för mögel och röta.

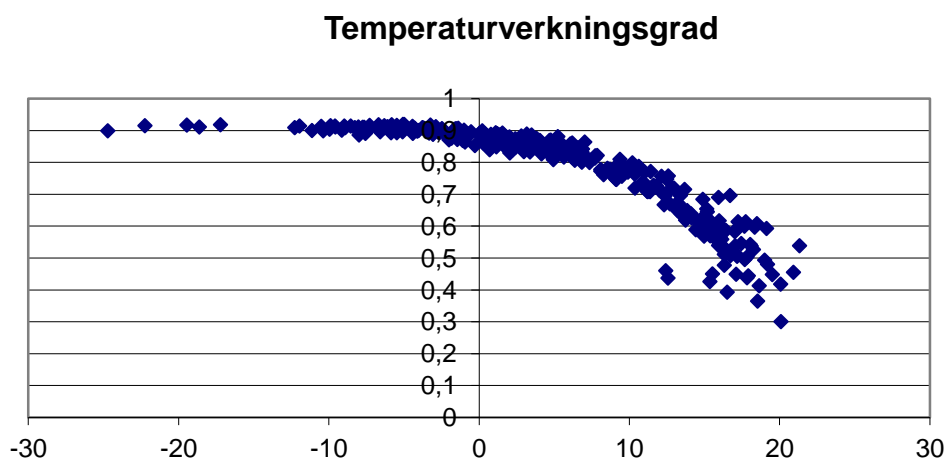
Fuktnivån i takisoleringen på utsidan om fuktspärren uppvisar liknande ånghalt som på insidan om fuktspärren, se tabell B5.1 i bilaga 5. Mätningarna under 2011 visar i genomsnitt en relativ fukthalt på 44 % på insidan respektive 68 % på utsidan om ångspärren. För 2012 är ånghalten i genomsnitt 5,2 g/m³ på insidan respektive 5,6 g/m³ på utsidan om ångspärren, dvs skillnaden i ånghalt, dV enligt tabell B5.1, över ångspärren är väldigt liten.

Tabell B5.2 och B5.3 i bilaga 5 visar fuktnivåer i de två ytterväggarna som uppmätts. Under 2011 och 2012 är fuktnivån i stort sett densamma på in- och utsidan om ångspärren i söderväggen, dV i genomsnitt 0,1 till -0,3 g/m³. Skillnaden i ånghalt över ångspärren i ytterväggen mot norr, se tabell B5.3, är större än i söderväggen, i genomsnitt 1,2 – 1,1 g/m³.

Fuktnivån i isoleringen under betongplattan, tabell B5.4, indikerar pågående uttorkning i mätpunkten närmast betongplattan, med en nedgång i relativ fuktighet från i genomsnitt 49 % (2011) till ca 32 % (2012) vid likvärdig tempertur på 20,5°C.

5.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer

Den uppmätta temperaturverkningsgraden (exklusive eftervärmning) i den roterande luftvärmväxlaren är sammanställd i figur 5.2 för olika utetemperaturer. Värmväxlarens funktion är den önskvärda med hög verkningsgrad, ca 90 %, för perioder med uppvärmningsbehov och successivt avtagande (automatiskt reglerad) verkningsgrad för varmare perioder, särskilt sommartid, för att undvika övertemperaturer inomhus.



Figur 5.2 – Temperaturverkningsgrad (dygnsmedelvärden) hos den roterande från- och tilluftvärmväxlaren vid olika utetemperatur.

5.7.3 Energi

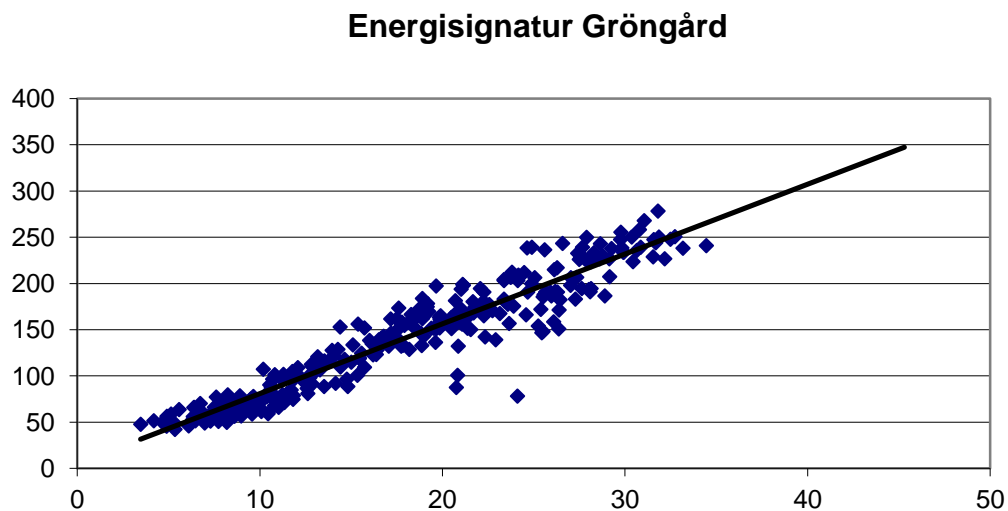
Husets energisignatur med avseende på energianvändning på dygnsbasis för värmesystemet och eftervärmning (inklusive energi för drift av cirkulationspump och fläktar) illustreras i figur 5.3. De linjära regressionerna av energisignaturen ges av följande samband:

$$6,88 (T_i - T_u) - 32,4 \quad (2012, \text{total värme}) \quad [15]$$

$$7,55 (T_i - T_u) + 5,37 \quad (2012, \text{total värme och hushållsel}) \quad [16]$$

Där T_i är innetemperatur och T_u är utetemperatur. Korrelationskoefficienten för anpassningarna [15] och [16] är 0,92. Såväl riktningskoefficienten som konstanten ökar om hushållsenergin inkluderas i signaturen. Att riktningskoefficienten ändras indikerar att det finns en

temperaturberoende (Ti-Tu) komponent i hushållsenergi. Vid beräkning av husets U_m -värde har husets förlustfaktor därför beräknats både med avseende på signaturens koefficient för enbart total värmeanvändning och baserat på total värme och hushållsenergi.



Figur 5.3 – Energisignatur (kWh/dygn) i flerbostadshuset Gröngård.

Beräkningen av U_m -värdet blir $0,25 \text{ W/m}^2\text{°C}$ för energisignatur [15] respektive $0,28 \text{ W/m}^2\text{°C}$ för energisignatur [16]. Dessa resultat kan jämföras med projekterat U_m -värde som anges vara $0,21 \text{ W/m}^2\text{°C}$ enligt energibehovsberäkningen.

Husets normalårskorrigerade värmeanvändning vid inomhustemperaturen 20°C är, enligt tabell 5.1 (inklusive energi till fläktar och cirkulationspump), $31\,622 \text{ kWh/år}$. Energianvändningen för tappvarmvatten är $6\,590 \text{ kWh/år}$, dvs den specifika energianvändningen enligt BBR's definition blir $68 \text{ kWh/m}^2\text{år}$. Husets totala energianvändning, inklusive hushåll $18\,158 \text{ kWh/år}$, uppgår således till $56\,370 \text{ kWh/år}$.

Övriga beräknade parametrar och nyckeltal för flerbostadshuset Gröngård är sammanfattade i tabell 2.1 och de ytor som ligger till grund för angivna parametrar och nyckeltal är enligt följande:

- uppvärmd golvyta där lufttemperaturen är högre än 10°C , 562 m^2 (A_{temp})
- omslutande ytor mot uteluft, $915,5 \text{ m}^2$
- fläktstyrd ventilerad luftvolym, $1\,375 \text{ m}^3$

Tabell 5.1 – Sammanställning av uppmätta och beräknade parametrar och nyckeltal för flerbostadshuset Gröngård.

År	Q _{värme} kWh/m ² år (kWh/år)	Q _{tvv} kWh/m ² år (kWh/år)	Q _{Hel} kWh/m ² år (kWh/år)	Totalt kWh/m ² år (kWh/år)	B W/°C	q ₅₀ l/sm ²	q _T l/s	q _F l/s	Luftoms oms/tim
2012	56,3 (31 622)	11,7 (6 590)	32,3 (18 158)	100,3 (56 370)	314	0,05 ¹ 0,08 ²	217	214	0,56

Fotnot: ^{1,2} tryckprovning av byggnaden vid två olika tillfällen gav närmast identiskt luftläckage.

Förkortningar: Q_{värme} är total värme per Atemp och per år inom parentes (golvvärme, radiatorer, eftervärme tilluft) normalårskorrigerad med hjälp av energisignaturen, Q_{tvv} är tappvarmvatten, Q_{Hel} är verksamhetsenergi (hushållsel), B är husets värmeförlustfaktor baserat på energisignatur av total värme och hushållsenergi, q₅₀ är uppmätt läckflöde enligt täthetsprovning, q_T och q_F är uppmätt till- respektive frånluftflöde.

Kommentarer: upprepad täthetsprovning visar som framgår i tabell 5.1 att huset är väldigt tätt. Vid senaste tryckprovningen noterades att tryckskillnaden ute – inne, med ventilationsaggregatet i drift, är -10 till -12 Pa, vilket är ett aningen stort undertryck som kan leda till ökad drag där det trots allt finns otätheter samt att matlagningsventilationen kan försämrars. De boende säger sig uppleva att köksfläktarna fungerar dåligt samt att de besväras av lukter från intilliggande lägenheter. Eftersom huset är så tätt beror detta troligen på att när köksfläkten startas så blir flödet litet men undertrycket ökar ytterligare, vilket kan åstadkomma att matos inte evakueras samt att luft från intilliggande lägenheter läcker mellan lägenheter. Vid läge 1 på köksfläkten uppmättes ett undertryck på -56 Pa, läge 2: -72 Pa och för läge 3: -92 Pa. Undertrycket är så högt att det kan finnas risk för att skador uppstår på tätningar av ångspärr och brandtätningar mellan lägenheter. Tilluftsventil till köksfläkt som används vid matlagning bör övervägas alternativt en kolfilterfläkt. De uppmätta till- och frånluftflödena enligt tabell 5.1 blir per uppvärmd golvyta 0,39 respektive 0,38 l/s,m².

6 Flerbostadshuset Kullen

6.1 ALLMÄN BESKRIVNING

Fastigheten Kullen i Nordmaling är ett lägenhetshus för äldreboende. Byggnaden har totalt 12 lägenheter fördelade på två våningar. Huset är byggt med Masonites flexibla byggsystem (MFB), vilket är anpassat för industriell produktion av träbaserade element, dvs bjälklags- och väggelement.



Figur 6.1 Flerbostadshuset Kullen

6.2 Värmesystem

Huset förses med fjärrvärme för tappvarmvatten och värme. Lägenheterna på markplan har golvvärme och i lägenheterna på övervåningen har radiatorer för uppvärmningen. Den totalt installerade elektriska effekten för uppvärmning är 9,6 kW (eftervärmare tilluft).

6.3 Ventilationssystem

Varje lägenhet har separat fläktstyrd till- och frånluft med roterande värmeväxlare och elektrisk eftervärmning av tilluft, luftbehandlingsaggregat SWEGON R120. Ventilationen i varje lägenhet kan styras av de boende och köksventilationen (spiskåpan) för matlagning går också via värmeväxlaren.

6.4 Isolering

I grunden under betongplattan ligger 300 mm markisolering. Ytterväggarna är isolerade med 345 mm mineralull. Vindsbjälklaget är isolerat med 500 mm lösull.

6.5 Beräknad energianvändning

Projekterad specifik energianvändning, dvs värme och tappvarmvatten, angavs till 78 kWh/m², år. Vid beräkningarna antogs bland annat fläktstyrt luftflöde vara 335 l/s och värmeväxlarens temperaturverkningsgrad, enligt tillverkaren 80 %. Det beräknade U_m-värdet uppgavs till 0,28 W/°Cm².

6.6 Produktionskostnad för huset

Total byggkostnad anges till 14 Mkr exklusive moms.

6.7 Resultat flerbostadhuset Kullen

6.7.1 Fukt

Man brukar ange att risken för rötangrepp är obefintlig om relativa fuktigheter är lägre 75 % och för mögelangrepp är risken obefintlig under 70 % förutsatt att temperaturen inte överstiger 15°C. Röt- och mögel- angrepp beror inte enbart av nivån hos den relativa fuktigheten utan påverkas även som antyds av temperatur, men också av lufthastighet, ljus och exponeringstid.

Givare för mätning av temperatur och relativ fuktighet installerades i isolermaterial i tak, väggar och under betongplattan (golvet) i samband med byggnationen av huset. Baserat på dessa mätningar har ånghalter beräknats och redovisas i bilaga 6 i form av månadsmedelvärden i tabell B6.1 – B6.5. Installationerna av fuktsensorerna i byggnadens isolerskikt är att betrakta som permanenta och det finns av naturliga orsaker ingen möjlighet att utbyta en fuktgivare som upphört att fungera, tex genom att bila upp betonggolv eller att öppna i tak och väggar i nybyggda hus.

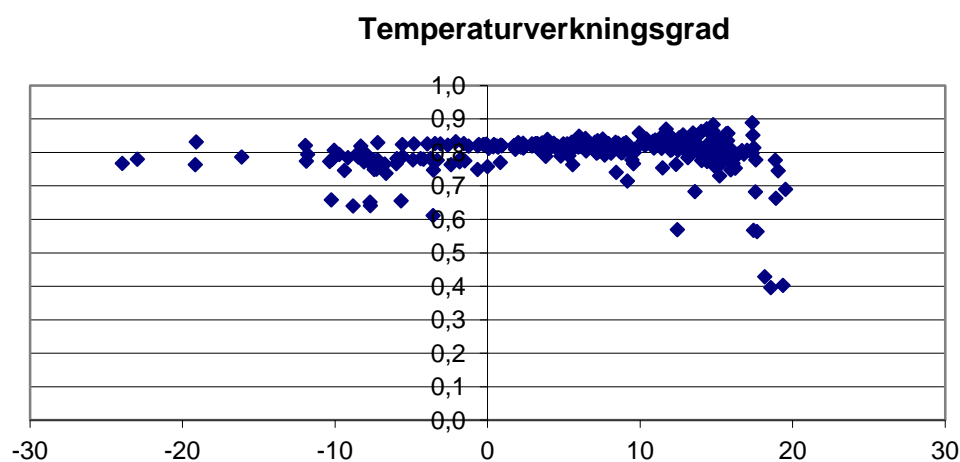
Ånghalterna på olika djup i klimatskärmen följer den månadsvisa variationen av ånghalten i utomhusluften. Skillnaden i ånghalt mellan de olika djupen i ytterväggen mot söder redovisas i tabell B6.2 och i norrväggen i tabell B6.3. I söderväggen är ändringen av ånghalten, dV, över ångspärren i genomsnitt 3,6 – 2,3 g/m³ och motsvarande i norrväggen är betydligt mindre med dV på 0,6 g/m³.

Fuktnivån i takisoleringen, tabell B6.1, visar generellt att det inte finns risk för fuktproblem. I genomsnitt ändras ånghalten över ångspärren från 7 – 3,8 g/m³.

Fuktmätningarna i markisoleringen under betongplattan uppvisar generellt att fuktnivån som i termer av ånghalt är tämligen oförändrad för mätningarna under 2011 och 2012. Den relativa fuktigheten är högst i cellplastisoleringen närmast marken (RH₃ och RH₆ i tabell B6.4 och B6.5).

6.7.2 Prestanda och funktion hos värmetekniska installationer

Varje lägenhet har separat värmeåtervinning av frånluft via roterande värmeväxlare. Den genomsnittliga temperaturverkningsgradens variation med utetemperaturen i sex av de totalt 12 värmeväxlarna visas i figur 6.2.



Figur 6.2 – Genomsnittlig temperaturverkningsgrad för roterande värmeväxlare, i 6 lägenheter i fastigheten Kullen.

Den huvudsakliga orsaken till den relativt stora spridningen i temperaturverkningsgraden i figur 6.2 är att de boende individuellt kan påverka ventilationen i respektive lägenhet. I vissa fall kan ventilationen vara närmast avstängd eller köras i ett minläge, vilket resulterar i att de från- och tillufttemperaturer som mäts i respektive luftbehandlingsaggregat, som är placerade i förråd utomhus, blir påverkade av utetemperaturen och därmed blir beräknad temperaturverkningsgrad felaktigt låg. Detta illustreras i figur 6.2 av att temperaturverkningsgraden hamnar mellan 60 – 70 % i utetemperaturintervallet, -10 till 0°C.

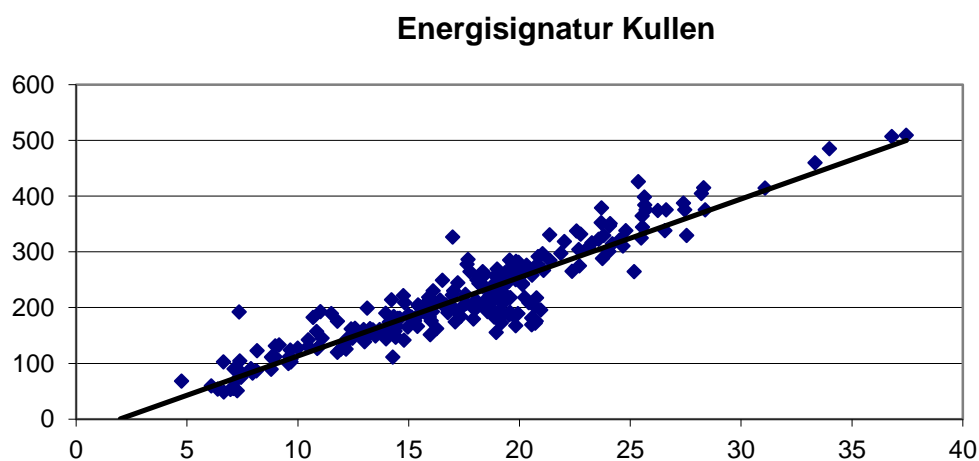
6.7.3 Energi

Husets energisignatur med avseende på energianvändning på dygnsbasis för värmesystemet och eftervärmning (inklusive energi för drift av cirkulationspump och fläktar) illustreras i figur 6.3. De linjära regressionerna av energisignaturen ges av följande samband:

$$13,6 (T_i - T_u) - 68,5 \quad (2012, \text{ total värme}) \quad [17]$$

$$14,1 (T_i - T_u) - 27,8 \quad (2012, \text{ total värme och hushållsel}) \quad [18]$$

Där T_i är innetemperatur och T_u är utetemperatur. Korrelationskoefficienten för signaturerna [17] och [18] är 0,85. Såväl riktningskoefficienten som konstanten ökar om hushållsenergin inkluderas i signaturen. Att riktningskoefficienten ändras indikerar att det finns en temperaturberoende ($T_i - T_u$) komponent i hushållsenergi. Vid beräkning av husets U_m -värde har husets förlustfaktor därför beräknats både med avseende på signaturens koefficient för enbart total värmeanvändning och baserat på total värme och hushållsenergi.



Figur 6.3 – Energisignatur (kWh/dygn) fastigheten kullen.

Beräkningen av U_m -värdet blir $0,32 \text{ W/m}^2\text{°C}$ för energisignatur [17] respektive $0,33 \text{ W/m}^2\text{°C}$ för energisignatur [18]. Dessa resultat kan jämföras med projekterat U_m -värde som anges vara $0,28 \text{ W/m}^2\text{°C}$ enligt energibehovsberäkningen.

Husets normalårskorrigerade värmeanvändning vid inomhustemperaturen 20°C är, enligt tabell 6.1 (inklusive energi till fläktar och cirkulationspump), $64\,277 \text{ kWh/år}$. Energianvändningen för tappvarmvatten är $8\,126 \text{ kWh/år}$, dvs den specifika energianvändningen enligt BBR's definition blir $75,5 \text{ kWh/m}^2\text{år}$. Husets totala energianvändning, inklusive hushållsel $24\,520 \text{ kWh/år}$, uppgår således till $96\,923 \text{ kWh/år}$.

Övriga beräknade parametrar och nyckeltal för flerbostadshuset Kullen är sammanfattade i tabell 6.1 och de ytor som ligger till grund för angivna parametrar och nyckeltal är:

- uppvärmd golvyta där lufttemperaturen är högre än 10°C , 959 m^2 (Atemp)
- omslutande ytor mot uteluft, $1\,552 \text{ m}^2$
- fläktstyrd ventilerad luftvolym, $2\,301 \text{ m}^3$

Tabell 6.1 – Sammanställning av uppmätta och beräknade parametrar och nyckeltal för flerbostadshuset Kullen.

År	$Q_{\text{värme}}$ kWh/m ² år (kWh/år)	Q_{tvv} kWh/m ² år (kWh/år)	Q_{Hel} kWh/m ² år (kWh/år)	Totalt kWh/m ² år (kWh/år)	B W/°C	q_{50} l/sm ²	q_T l/s	q_F l/s	Luftoms oms/tim
2012	67,0 (64 277)	8,5 (8 126)	25,6 (24 520)	101,1 (96 923)	588	0,64 ¹ 0,63 ²	298	292	0,46

Fotnot: ^{1,2} tryckprovning av byggnaden har genomförts vid två olika tillfällen som gav närmast identiskt luftläckage. Förkortningar: $Q_{\text{värme}}$ är total värme per Atemp och per år inom parentes (golvvärme, radiatorer, eftervärme tilluft) normalårskorrigerad med hjälp av energisignaturen, Q_{tvv} är tappvarmvatten, Q_{Hel} är verksamhetsenergi (hushållsel), B är husets värmeförlustfaktor baserat på energisignatur av total värme och hushållsenergi, q_{50} är uppmätt läckflöde enligt täthetsprovning, q_T och q_F är uppmätt till- respektive frånluftflöde.

Kommentarer: De uppmätta luftflödena och tillhörande luftomsättning gäller för inställning av ventilationen i normalt driftläge. Vid senaste tryckprovningen (2012-12-11) konstaterades att det fanns imma på insida av fönster i flera lägenheter och att inomhusluften kändes mycket instängd, vilket förklarades av att endast 3 av 12 luftbehandlingsaggregat hade någorlunda acceptabelt luftflöde. Dessa iakttagelser och mätningar av luftbehandlingsaggregaten visar på behov av information om den behovsstyrda ventilationens funktion. De uppmätta till- och frånluftflödena enligt tabell 6.1 blir per uppvärmd golvyta $0,31$ respektive $0,30 \text{ l/s,m}^2$.

RESULTATSAMMANFATTNING

1.1 Enfamiljshusen

I tabell 7.1 är resultaten från mätningar i enfamiljshusen sammanställda. Den specifika energianvändningen utgörs enligt Boverkets definition under ett normalår av tillförd energi för uppvärmning, energi för tappvarmvatten och fastighetsenergi, dvs elenergi till fläktar och pumpar. Enligt föreslagna kravnivåer från 1 oktober 2011 gäller för klimatzon 1 att den övre gränsen för specifik energianvändning är 130 [kWh/m² Atemp och år] samt att genomsnittligt U_m-värde högst får uppgå till 0,40 W/°C m². För hus med elvärme är övre gränsen för specifik energianvändning 95 [kWh/m² Atemp och år], U_m-värdet får högst vara 0,40 W/m²°C samt en begränsning i installerad eleffekt för uppvärmning till 5,5 kW.

Samtliga enfamiljshus har med god marginal lägre specifik energianvändning än Boverkets krav. Husens beräknade genomsnittliga värmegenomgångskoefficient (U_m-värde) som är baserad på mätningar och energisignatur, luftläckage, luftflöden och temperaturverkningsgrad är som framgår av tabell 7.1 och tabell 7.2 genomgående lägre än ovan krav.

B-värdet i tabell 7.1 är husets förlustkoefficient och är ett sammantaget mått på husets temperaturberoende (inne- utetemperatur) värmeförluster. Förlustfaktorn påverkas även av husets mottaglighet för solinstrålning och utsatthet för vindbelastning och de boendes vädringsvanor.

Tabell 7.1 – Sammanställning av uppmätta och beräknade parametrar i enfamiljshusen. Q_{värme} är normalårskorrigerad med energisignatur och innetemperaturen är satt till 20°C i samtliga hus.

Hus	Q _{värme} kWh/m ² år kWh/år	Q _{tvv} kWh/m ² år kWh/år	Q _{Hel} kWh/m ² år kWh/år	Totalt kWh/m ² år kWh/år	B W/°C	q ₅₀ l/sm ²	Luftoms oms/h	U _m W/m ² °C	U _m -proj W/m ² °C
Villa F	52,8 9 247	6,9 1 215	19,9 3 478	79,6 13 940	64	0,15-0,18	0,20	0,15-0,18	0,14
Villa P	73,7 10 239	12,9 1 800	21,1 2 933	107,7 14 972	107	0,34	0,37	0,21-0,24	Ej proj.
Villa C	77,8 16 880	14,0 3 031	24,5 5 330	116,3 25 241	138	0,37-0,37	0,52	0,16-0,18	0,25
Villa D	71,2 19 226	20,6 5 558	24,8 6 695	116,6 31 479	218	0,25	0,44	0,21-0,24	0,21

Förkortningar i tabell 7.1: Q_{värme} är total värme (golvvärme, radiatorer, eftervärme tilluft), Q_{tvv} är tappvarmvatten, Q_{Hel} är verksamhetsenergi (hushållsel), B är husets värmeförlustkoefficient, q₅₀ är uppmätt läckflöde vid 50 Pa enligt täthetsprovning (i vissa hus har täthetsprovning genomförts vid två tillfällen), Luftoms är antal luftomsättningar baserat på uppmätt frånluftflöde, U_m är beräknad förlustfaktor baserat på energisignaturer och. U_m-proj är uppgett U_m-värde enligt projekterad energibehovsberäkning.

Den lägsta specifika energianvändningen och likaså den lägsta förlustfaktorn enligt tabell 7.1 återfinns i villa Falk. Den jämförelsevis väldigt låga förlustfaktorn i villa Falk beror på låga transmissionsförluster (lågt U_m -värde enligt tabell 7.1) och en effektiv ventilationslösning utan behov av energi för eftervärmning av tilluft, se avsnitt 1.7. Luftläckaget är det lägsta uppmätta i enfamiljshusen och dessutom är den fläktstyrda luftomsättningen den lägsta av de undersökta husen.

Villa Carlstedt har en bergvärmepump för uppvärmning och beredning av tappvarmvatten. Enligt projekterad energibehovsberäkning angavs att huset har ett behov av köpt energi för värme och tappvarmvatten på 34 kWh/m² och år. Denna uppgift kan verifieras av genomförda mätningar där den uppmätta genomsnittliga värmefaktorn (se figur 3.6) exklusive tillförd elenergi är 3,5-1 dvs 2,5. Om den specifika energianvändningen, dvs 77,8+14 = 91,8 (tabell 7.1) divideras med denna värmefaktor erhålls att köpt energi blir 36,7 kWh/m² och år, vilket är ganska nära motsvarande enligt projekterad energibehovsberäkning.

1.2 Flerbostadshusen

En sammanställning av uppmätt och beräknade parametrar för flerbostadshusen redovisas i tabell 7.2. Som framgår har husen mycket olika luftläckage, vilket har verifierats av upprepade täthetsprovningar.

Tabell 7.2 – Sammanställning av uppmätta och beräknade parametrar i flerfamiljshusen under 2011.

$Q_{\text{värme}}$ är normalårskorrigerat med energisignatur för innetemperaturen 20°C.

Hus	$Q_{\text{värme}}$ kWh/m ² år kWh/år	Q_{tvv} kWh/m ² år kWh/år	Q_{Hel} kWh/m ² år kWh/år	Totalt kWh/m ² år kWh/år	B W/°C	q_{50} l/sm ²	Luftoms oms/h	U_m W/m ² °C	U_m -proj W/m ² °C
Grön- gård	56,3 31 622	11,7 6 590	32,3 18 158	100,3 56 370	314	0,05-0,08	0,56	0,25-0,28	0,21
Kullen	67,0 64 277	8,5 8 126	25,6 24 520	101,1 96 923	588	0,64-0,63	0,46	0,32-0,33	0,28

Förklaringar av förkortningar i tabell 7.1: $Q_{\text{värme}}$ är total värme (golvvärme, radiatorer, eftervärme tilluft), Q_{tvv} är tappvarmvatten, Q_{Hel} är verksamhetsenergi (hushållsel), B är husets värmeförlustkoefficient, q_{50} är uppmätt läckflöde vid 50 Pa enligt täthetsprovning, Luftoms är antal luftomsättningar baserat på uppmätt frånluftflöde, U_m är beräknad förlustfaktor baserat på energisignaturer och. U_m -proj är uppgett U_m -värde enligt projekterad energibehovsberäkning.

Det specifika energibehovet för värme ($Q_{\text{värme}}$) är tydligt lägre för Gröngård än för Kullen. Gröngård som har individuell mätning av tappvarmvatten har enligt mätningarna dock inte lägre specifik tappvarmvattenanvändning än Kullen.

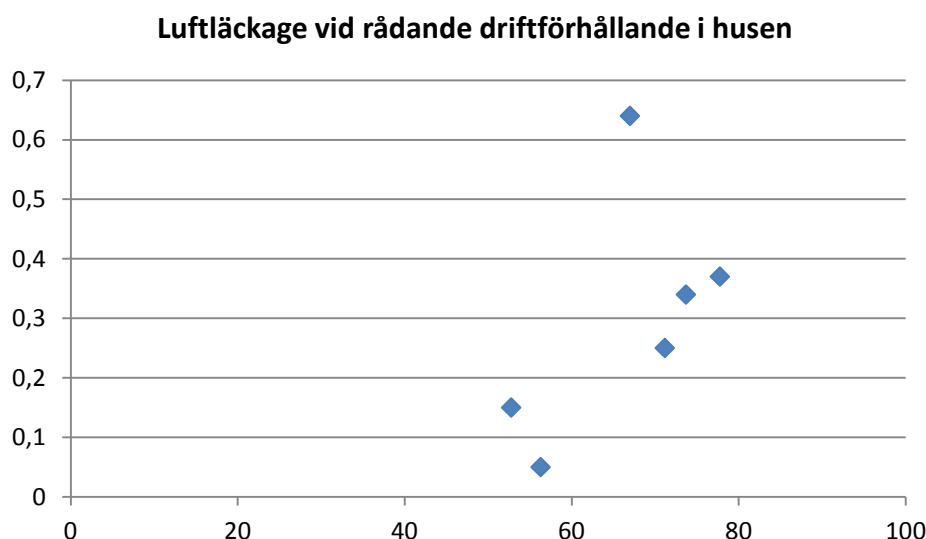
Gröngård har den lägsta uppmätta otätheten, 0,05 l/sm², av samtliga hus i detta projekt.

Byggtekniskt skiljer sig detta hus från övriga genom att det är byggt i betong med utfackningsväggar, vilket bidrar till det låga luftläckaget.

1.3 Täthet och specifikt värmebehov

Husens specifika värmeanvändning, dvs enbart uppvärmning per Atemp, och luftläckage, enligt tabell 7.1 och 7.2 är plottad i figur 7.1. Figuren visar att för fem av de sex husen minskar den specifika värmeanvändningen påtagligt, från 77,8 (villa Carlstedt) till 52,8 (villa Falk) kWh/m² och år, ju tätare huset är enligt tryckprovningen.

Villa F har den lägsta specifika värmeanvändningen, och enligt tabell 7.1 den lägsta fläktstyrda luftomsättningen samt inget behov av köpt energi för eftervärmning. Om luftomsättningen skulle ökas så ökar naturligt även den specifika värmeanvändning, dvs punkten för villa Falk skulle då förflyttas åt höger i figur 7.1 och de fem husen skulle därmed ansluta till en tydligare gemensam trend där det tätaste huset, vilket är flerbostadshuset Gröngård, har den lägsta specifika värmeanvändningen.



Figur 7.1 – Uppmätt täthet [l/sm²] vid 50 Pa som funktion av specifik värmeanvändning [kWh/m²·år]. Innetemperaturen är enhetligt 20°C i husen, men luftomsättning och tillförd värme är uppmätt för rådande förhållanden.

Det hus som avviker mest i figur 7.1 är flerbostadshuset Kullen, vilket har det största läckflödet, men som synes har det inte den största specifika värmeanvändningen. Detta beror troligen på att ventilationen i huset under kontinuerliga driftförhållanden inte har den luftomsättning som uppmättes vid testtillfället och som anges i tabell 7.1. Iakttagelser (se kommentar sidan 46) och mätningar av temperaturer i värmeväxlare och tillförd elenergi (till luftbehandlingsaggregaten) indikerar att det lägenhetsvisa ventilationssystemet körs i minläget och möjligen i vissa lägenheter

att det inte är i drift. Detta betyder att den avvikande mätpunkten (flerbostadhuset Kullen) i figur 7.1 under normal drift av ventilationen skall flyttas till höger i figuren. Därmed kommer samtliga hus att uppvisa ett mer linjärt samband mellan uppmätt luftläckage och specifik värmeanvändning.

SLUTSATSER

I detta utvärderingsprojekt visar mätningar och gjorda analyser följande:

I de positioner i husens klimatskärmar där kontinuerliga fuktmetningar görs finns ingen risk för röt- eller mögelangrepp. Fukttransport i material är en tidskrävande process och för att säkerställa förloppen i de olika isolermaterialen behöver mätningarna pågå under betydligt längre tid än hittills.

I den tidigare delrapporten i denna utvärdering visades att enfamiljshusen med enbart golvvärme eller kombinerat golv- och radiatorvärmesystem har jämförbara värmebärarflöden som i flerbostadshusen. Dock är temperaturdifferensen mellan fram- och returledning betydligt lägre i enfamiljshusen. Variation i värmebärarflöde och framledningstemperatur för olika utetemperaturer är naturligt sett till tryckfall och reglering av styrventil och termostater. Mätningarna visar att värmebärarflödet i vissa hus ökar och i andra hus minskar med sjunkande utetemperatur. Men framförallt är det genomgående stor spridning i flödet vid en given utetemperatur. Detta utgör ytterligare potential för energieffektivisering genom injustering av värmesystemet i husen med vattenburen värme.

Markförvärmning av inkommande uteluft via tilluftkanal 36 m förlagd på 1,5 m djup är ett enkelt och effektivt sätt att åstadkomma hög lufttemperatur (+2°C vid utetemperaturer ned till -25°C) hos inkommande uteluft till luftvärmväxlaren. Detta betyder i sin tur att ingen ytterligare eftervärmning av tilluften har behövts under hittillsvarande utvärderingsperiod. Den fläktstyrda ventilationsförlusten blir väldigt låg tack vare värmeväxling mellan från- och tilluft samt lösningen med markförvärmning av inkommande uteluft. Denna lösning av markförvärmad uteluft är av naturliga skäl effektivare än motsvarande lösning i villa Pettersson med en kanallängd på 10 m och djupet 0,7 m.

Täthetens inverkan på värmebehovet vid rådande driftförhållande uppvisar ett linjärt samband där huset med minst luftläckage också har den lägsta specifika värmeanvändningen.

Fortsätta mätningarna påkallas framförallt av att åstadkomma säkrare analyser av husens energiprestanda och uppföljning av värmetekniska installationers funktion samt för att säkerställa fuktförloppen i husens klimatskärm. Kontinuerliga mätningar skulle också kunna kompletteras med mätning av luftkvalitet, tex CO₂-halt, för att undersöka inverkan av olika planlösning och varierande luftomsättning. Mätning av husens fläktstyrda till- och frånluftflöden bör upprepas och i flerbostadshuset Kullen kompletteras med kontinuerliga flödesmätningar eftersom man har behovsstyrd ventilation.

Bilaga 1

Tabell B1.1 Villa Falk mätningar i takisolering: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärren.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan	14,0	37,5	0,0046	4,3	21,5	0,0014	0,0032
Feb	13,1	35,2	0,0041	2,0	13,8	0,0009	0,0033
Mar	15,2	32,8	0,0043	7,1	18,3	0,0015	0,0029
Apr	17,3	33,7	0,0050	12,3	15,6	0,0017	0,0033
Maj	18,7	37,5	0,0060	15,0	12,9	0,0017	0,0043
Jun	22,6	42,2	0,0084	21,4	11,9	0,0023	0,0062
Jul	25,2	48,1	0,0109	24,4	13,1	0,0029	0,0080
Aug	22,2	53,8	0,0105	20,2	16,7	0,0029	0,0076
Sep	18,7	59,6	0,0096	15,6	21,0	0,0029	0,0067
Okt	16,5	57,5	0,0082	10,6	24,5	0,0025	0,0058
Nov	15,9	53,8	0,0074	9,2	24,9	0,0023	0,0051
Dec	15,2	49,2	0,0065	7,0	22,7	0,0018	0,0047
Periodmedel:	17,9	45,1	0,0071	12,4	18,1	0,0021	0,0051
2012:							
Jan	14,1	44,0	0,0055	4,8	18,2	0,0013	0,0042
Feb	13,7	38,0	0,0046	3,4	13,9	0,0010	0,0037
Mar	15,6	36,6	0,0050	8,2	12,7	0,0011	0,0039
Apr	16,1	38,1	0,0053	9,1	13,8	0,0013	0,0040
Maj	18,8	38,7	0,0063	14,9	12,0	0,0016	0,0047
Jun	21,1	42,2	0,0078	18,5	11,5	0,0018	0,0059
Jul	23,0	48,3	0,0098				
Aug	21,8	52,7	0,0101				
Sep	17,9	56,9	0,0088				
Okt	16,1	57,1	0,0080	8,7	23,4	0,0021	0,0059
Nov	15,5	52,0	0,0070	7,9	22,3	0,0019	0,0051
Dec							
Periodmedel:	17,6	45,9	0,0071	9,4	16,0	0,0015	0,0047

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 1

Tabell B1.2 Villa Falk mätningar i isolering södervägg: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 and V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan	11,1	23,3	0,0025	5,2	30,7	0,0023	0,0002
Feb	10,1	14,0	0,0015	3,3	20,8	0,0015	0,0000
Mar	13,0	24,4	0,0029	8,3	29,6	0,0026	0,0003
Apr	14,8	33,8	0,0044	11,5	39,3	0,0042	0,0002
Maj	16,1	38,3	0,0054	13,5	42,8	0,0051	0,0002
Jun	19,4	47,1	0,0079	17,8	51,3	0,0079	0,0000
Jul	22,0	52,4	0,0101	20,7	56,3	0,0102	0,0000
Aug	20,3	54,9	0,0096	18,7	58,3	0,0095	0,0002
Sep	17,3	56,9	0,0085	15,6	59,5	0,0081	0,0004
Okt	14,9	45,9	0,0060	11,9	48,9	0,0054	0,0006
Nov	14,2	43,5	0,0055	10,8	49,2	0,0051	0,0004
Dec	12,9	35,6	0,0041	8,7	42,4	0,0038	0,0003
<i>Periodmedel</i>	<i>15,5</i>	<i>39,2</i>	<i>0,0057</i>	<i>12,2</i>	<i>44,1</i>	<i>0,0055</i>	<i>0,0002</i>
2012:							
Jan	11,6	28,7	0,0031	6,4	37,0	0,0029	0,0002
Feb	10,5	23,1	0,0024	4,8	32,6	0,0024	0,0000
Mar	12,9	29,4	0,0034	9,0	36,0	0,0033	0,0001
Apr	13,0	32,9	0,0039	9,2	39,5	0,0037	0,0002
Maj	15,8	37,6	0,0052	13,2	41,4	0,0049	0,0003
Jun	18,4	44,4	0,0071	16,7	50,3	0,0073	-0,0002
Jul	20,6	50,1	0,0090	19,2	55,0	0,0091	-0,0002
Aug	19,8	53,4	0,0091	18,1	56,8	0,0089	0,0003
Sep	16,2	52,5	0,0074	14,1	55,4	0,0069	0,0005
Okt	14,0	46,3	0,0058	10,7	51,4	0,0054	0,0004
Nov	13,3	40,0	0,0048	9,6	47,3	0,0046	0,0002
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>15,1</i>	<i>39,8</i>	<i>0,0056</i>	<i>11,9</i>	<i>45,7</i>	<i>0,0054</i>	<i>0,0002</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 1

Tabell B1.3 Villa Falk mätningar i isolering norrvägg: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 and V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan	11,4	19,6	0,0021	3,6	38,1	0,0026	-0,0004
Feb	10,3	13,4	0,0015	1,3	29,2	0,0018	-0,0004
Mar	13,0	24,6	0,0029	6,7	40,9	0,0032	-0,0004
Apr	15,3	32,5	0,0043	10,9	46,4	0,0047	-0,0004
Maj	17,0	36,1	0,0053	13,5	48,2	0,0058	-0,0005
Jun	20,5	44,8	0,0080	18,3	54,4	0,0086	-0,0006
Jul	22,9	51,7	0,0105	21,0	61,8	0,0113	-0,0009
Aug	20,9	53,7	0,0098	18,6	65,9	0,0106	-0,0008
Sep	17,8	56,0	0,0086	15,3	68,9	0,0093	-0,0006
Okt	15,0	45,6	0,0060	11,0	59,5	0,0062	-0,0002
Nov	14,2	44,4	0,0056	9,7	60,0	0,0058	-0,0002
Dec	13,0	36,1	0,0042	7,4	54,4	0,0045	-0,0003
<i>Periodmedel</i>	<i>15,9</i>	<i>38,2</i>	<i>0,0057</i>	<i>11,5</i>	<i>52,3</i>	<i>0,0062</i>	<i>-0,0005</i>
2012:							
Jan	11,3	27,2	0,0029	4,7	46,0	0,0032	-0,0003
Feb	10,7	22,8	0,0025	3,3	39,2	0,0027	-0,0003
Mar	13,7	32,9	0,0040	8,3	49,4	0,0043	-0,0003
Apr	14,1	30,9	0,0039	8,9	46,4	0,0043	-0,0004
Maj	17,0	37,8	0,0056	13,6	48,8	0,0059	-0,0003
Jun	19,1	45,4	0,0075	16,0	57,5	0,0080	-0,0005
Jul	21,1	51,5	0,0095				
Aug	20,3	51,6	0,0091	17,6	60,9	0,0092	-0,0002
Sep	16,8	51,8	0,0075	13,9	63,3	0,0078	-0,0003
Okt	14,3	43,9	0,0056	9,8	60,4	0,0060	-0,0003
Nov	13,3	40,0	0,0048	8,3	56,4	0,0050	-0,0002
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>15,6</i>	<i>39,6</i>	<i>0,0057</i>	<i>10,4</i>	<i>52,8</i>	<i>0,0056</i>	<i>-0,0003</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 1

Tabell B1.4 Villa Falk mätningar i isolering under betongplattan: T_1 , RH_1 och V_1 är i foamglasisolering närmast betongplattan, T_2 , RH_2 och V_2 i mittsektionen av foamglasisoleringen och T_3 , RH_3 och V_3 är placerad i isoleringen närmast mot marken.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	T_3 [°C]	RH_3 [%]	V_3 [kg/m ³]
2011:									
Jan	18,9	36,0	0,0059	16,7	90,5	0,0130	13,0	37,3	0,0043
Feb	19,0	32,8	0,0054	16,6	87,8	0,0126	12,9	36,0	0,0042
Mar	18,3	30,2	0,0048	16,5	89,4	0,0127	12,4	36,8	0,0041
Apr	18,2	25,6	0,0040	16,5	90,1	0,0129	12,1	34,9	0,0038
Maj	18,6	20,1	0,0032	16,3	84,9	0,0120	11,9	33,1	0,0036
Jun	20,9	16,7	0,0030	17,6	72,7	0,0110	12,8	31,5	0,0036
Jul	23,2	14,8	0,0030	19,4	68,6	0,0115	14,4	29,6	0,0037
Aug	21,4	13,5	0,0025	18,8	90,8	0,0147	14,4	30,2	0,0038
Sep	18,7	12,2	0,0020	17,4	98,9	0,0149	13,6	31,8	0,0038
Okt	18,5	13,2	0,0021	17,6	99,0	0,0150	13,6	31,2	0,0038
Nov	18,5	12,1	0,0019	17,7	99,0	0,0151	13,8	30,4	0,0037
Dec	18,6	13,2	0,0021	17,7	99,0	0,0151	13,8	28,9	0,0035
<i>Periodmedel</i>	<i>19,4</i>	<i>20,0</i>	<i>0,0033</i>	<i>17,4</i>	<i>89,2</i>	<i>0,0134</i>	<i>13,2</i>	<i>32,6</i>	<i>0,0038</i>
2012:									
Jan	18,3	15,2	0,0024	17,5	99,0	0,0150	13,6	27,4	0,0033
Feb	18,3	14,5	0,0023	17,5	99,0	0,0149	13,5	26,7	0,0032
Mar	18,3	11,4	0,0018	17,1	99,0	0,0146	13,2	26,3	0,0031
Apr	18,2	13,8	0,0022	16,8	99,0	0,0144	12,9	25,0	0,0029
Maj	18,7	7,9	0,0013				12,6	24,8	0,0028
Jun	19,9	5,8	0,0010	18,0	99,0	0,0154	13,1	23,9	0,0028
Jul	21,7	10,1	0,0019	18,5	99,0	0,0158	14,2	23,3	0,0029
Aug	21,4	6,7	0,0013	18,8	99,0	0,0161	14,7	23,6	0,0030
Sep	18,4	3,6	0,0006	17,7	99,0	0,0151	13,7	26,6	0,0032
Okt	18,2	13,8	0,0022	19,4	99,0	0,0166	13,6	27,0	0,0033
Nov	17,9	15,2	0,0023	19,5	99,0	0,0167	13,5	27,0	0,0032
Dec									
<i>Periodmedel</i>	<i>19,0</i>	<i>10,7</i>	<i>0,0018</i>	<i>18,1</i>	<i>99,0</i>	<i>0,0154</i>	<i>13,5</i>	<i>25,6</i>	<i>0,0031</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 2

Tabell B2.1 Villa Pettersson mätningar i takisolering: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärren.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr	21,2	28,1	0,0052	12,7	48,1	0,0055	-0,0003
Maj	21,0	30,7	0,0056	15,7	44,0	0,0060	-0,0004
Jun				20,8	48,2	0,0087	
Jul				23,5	51,5	0,0108	
Aug				20,9	54,8	0,0099	
Sep				16,8	59,3	0,0086	
Okt	20,3	41,1	0,0072	12,2	57,6	0,0064	0,0008
Nov	21,1	35,8	0,0066	11,0	57,0	0,0059	0,0007
Dec	21,4	26,6	0,0050	9,6	51,4	0,0048	0,0001
<i>Periodmedel</i>	<i>21,0</i>	<i>32,5</i>	<i>0,0059</i>	<i>15,9</i>	<i>52,4</i>	<i>0,0074</i>	<i>0,0002</i>
2012:							
Jan	21,3	19,6	0,0036	9,3	42,7	0,0039	-0,0003
Feb	19,3	18,2	0,0030	8,1	37,4	0,0032	-0,0002
Mar	20,7	22,4	0,0040	9,4	44,2	0,0041	-0,0001
Apr	21,6	22,2	0,0042	11,3	42,9	0,0045	-0,0003
Maj	21,7	29,3	0,0056	15,5	43,8	0,0059	-0,0004
Jun	22,7	37,1	0,0074	19,8	43,4	0,0075	-0,0001
Jul	23,8	46,0	0,0097	22,0	49,4	0,0095	0,0002
Aug	23,4	49,5	0,0103	21,0	51,8	0,0095	0,0008
Sep	21,8	45,8	0,0087	16,0	54,8	0,0076	0,0011
Okt	22,3	32,6	0,0064	12,4	52,2	0,0059	0,0004
Nov	22,4	23,6	0,0046	10,1	50,6	0,0049	-0,0003
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>21,9</i>	<i>31,5</i>	<i>0,0061</i>	<i>14,1</i>	<i>46,6</i>	<i>0,0061</i>	<i>0,0001</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 2

Tabell B2.2 Villa Pettersson mätningar i isolering södervägg: T_1 , RH_1 and V_1 insida ångspärr. T_2 , RH_2 and V_2 placerad utanför ångspärr. dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr	19,8	32,1	0,0055	14,1	41,8	0,0052	0,0003
Maj	19,4	35,0	0,0059	15,9	42,0	0,0058	0,0001
Jun	22,5	42,9	0,0085	21,3	47,6	0,0088	-0,0003
Jul	24,3	50,2	0,0109	23,9	51,5	0,0109	-0,0001
Aug	22,1	53,6	0,0104	20,4	56,9	0,0101	0,0003
Sep	19,7	55,3	0,0094	16,4	61,7	0,0088	0,0007
Okt	18,2	46,7	0,0073	11,9	55,3	0,0061	0,0013
Nov	18,2	41,9	0,0066	10,5	57,8	0,0058	0,0008
Dec	17,3	35,0	0,0052	8,0	54,3	0,0047	0,0006
<i>Periodmedel</i>	<i>20,2</i>	<i>43,6</i>	<i>0,0077</i>	<i>15,8</i>	<i>52,1</i>	<i>0,0074</i>	<i>0,0004</i>
2012:							
Jan	16,0	28,0	0,0039	4,5	47,9	0,0033	0,0006
Feb	14,5	24,4	0,0031	2,2	42,5	0,0027	0,0005
Mar				8,9	46,4	0,0042	
Apr				10,1	44,2	0,0044	
Maj				15,3	44,1	0,0059	
Jun				19,7	44,3	0,0075	
Jul				22,4	48,6	0,0096	
Aug				21,3	49,1	0,0091	
Sep	20,5	45,1	0,0080	16,4	50,7	0,0072	0,0008
Okt	18,8	39,9	0,0065	11,7	51,4	0,0056	0,0009
Nov	18,1	32,3	0,0050	9,6	51,8	0,0049	0,0001
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>17,6</i>	<i>33,9</i>	<i>0,0053</i>	<i>12,9</i>	<i>47,4</i>	<i>0,0059</i>	<i>0,0006</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 2

Tabell B2.3 Villa Pettersson mätningar i isolering norrvägg: T_1 , RH_1 and V_1 insida ångspärr. T_2 , RH_2 and V_2 placerad utanför ångspärr. dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr	18,9	38,2	0,0062	12,5	50,8	0,0057	0,0005
Maj	18,4	40,4	0,0064	14,2	48,1	0,0060	0,0004
Jun	20,4	45,8	0,0085	19,2	50,9	0,0085	0,0000
Jul				21,5	54,9	0,0103	
Aug				18,8	59,3	0,0096	
Sep				16,0	63,0	0,0088	
Okt	16,3	51,0	0,0077	11,9	56,7	0,0062	0,0015
Nov	18,0	52,1	0,0081	11,1	55,9	0,0058	0,0023
Dec	16,1	41,4	0,0058	8,3	52,0	0,0046	0,0012
<i>Periodmedel</i>	<i>18,0</i>	<i>44,8</i>	<i>0,0071</i>	<i>14,8</i>	<i>54,6</i>	<i>0,0073</i>	<i>0,0010</i>
2012:							
Jan	14,7	41,4	0,0053	4,6	46,8	0,0032	0,0021
Feb	15,5	39,0	0,0053	3,5	40,8	0,0029	0,0025
Mar	18,0	35,4	0,0055	9,5	45,7	0,0043	0,0012
Apr	17,4	36,3	0,0055	9,6	44,1	0,0042	0,0013
Maj	19,0	38,4	0,0063	14,0	45,7	0,0057	0,0006
Jun	20,5	43,9	0,0078	15,6	45,1	0,0061	0,0017
Jul	22,4	50,1	0,0098				
Aug	21,7	54,1	0,0102				
Sep	20,4	53,3	0,0094				
Okt	18,8	47,0	0,0077				
Nov	18,9	36,4	0,0059				
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>18,8</i>	<i>43,2</i>	<i>0,0072</i>	<i>9,5</i>	<i>44,7</i>	<i>0,0044</i>	<i>0,0015</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 2

Tabell B2.4 Villa Pettersson mätningar i isolering under betongplattan: T₁, RH₁ och V₁ är placerad i markisoleringen närmast betongplattan. T₂, RH₂ och V₂ i mittsektionen av isoleringen och T₃, RH₃ och V₃ är placerad i markisoleringen närmast mot marken.

Period	T ₁ [°C]	RH ₁ [%]	V ₁ [kg/m ³]	T ₂ [°C]	RH ₂ [%]	V ₂ [kg/m ³]	T ₃ [°C]	RH ₃ [%]	V ₃ [kg/m ³]
2011:									
Jan									
Feb									
Mar									
Apr	15,9	1,7	0,0002	7,8	89,4	0,0075	5,5	99,0	0,0071
Maj	15,5	3,3	0,0004	7,9	87,3	0,0074	5,8	99,0	0,0073
Jun	18,1	4,7	0,0007	9,4	85,9	0,0080	7,0	99,0	0,0079
Jul	20,0	7,2	0,0013				8,5	99,0	0,0087
Aug	18,8	9,6	0,0016				9,5	99,0	0,0093
Sep	17,2	10,8	0,0016				10,0	99,0	0,0096
Okt	16,3	11,3	0,0016				10,1	98,9	0,0096
Nov	16,1	10,3	0,0014				9,9	99,0	0,0095
Dec	15,3	10,1	0,0013	9,7	91,2	0,0086	9,4	99,0	0,0092
<i>Periodmedel</i>	<i>17,0</i>	<i>7,7</i>	<i>0,0011</i>	<i>8,7</i>	<i>88,4</i>	<i>0,0079</i>	<i>8,4</i>	<i>99,0</i>	<i>0,0087</i>
2012:									
Jan	13,8	11,6	0,0014	8,7	92,4	0,0082	8,5	99,0	0,0087
Feb	13,2	11,6	0,0014	8,1	91,2	0,0078	7,8	98,1	0,0083
Mar	14,7	3,2	0,0004	8,2	90,3	0,0078	7,7	99,0	0,0082
Apr	14,6	1,6	0,0002	7,7	90,5	0,0076	7,3	99,0	0,0080
Maj	15,8	1,1	0,0001	7,9	88,2	0,0074	7,1	99,0	0,0079
Jun	17,4	1,2	0,0002	9,1	84,7	0,0077	7,6	96,6	0,0081
Jul				10,8	82,7	0,0084			
Aug				11,3	84,5	0,0088			
Sep	17,1	2,6	0,0004	11,3	86,1	0,0090	10,7	99,0	0,0100
Okt	16,2	5,3	0,0007	10,7	89,1	0,0090	10,5	99,0	0,0099
Nov	15,3	5,6	0,0007	10,0	90,4	0,0087	9,9	99,0	0,0095
Dec									
<i>Periodmedel</i>	<i>15,3</i>	<i>4,9</i>	<i>0,0006</i>	<i>9,4</i>	<i>88,2</i>	<i>0,0082</i>	<i>8,6</i>	<i>98,6</i>	<i>0,0087</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 3

Tabell B3.1 Villa Carlstedt mätningar i takisolering: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan	20,0	25,1	0,0043	5,2	6,0	0,0004	0,0039
Feb				4,4	1,8	0,0001	
Mar	5,9	5,5	0,0010	9,1	1,0	0,0001	0,0009
Apr	20,6	27,0	0,0048	10,9	1,0	0,0001	0,0048
Maj	21,0	33,2	0,0061				
Jun	17,5	32,0	0,0063				
Jul	24,0	49,2	0,0106				
Aug	22,3	52,5	0,0103				
Sep	19,4	48,8	0,0087				
Okt	19,5	41,7	0,0070	8,6	5,4	0,0005	0,0065
Nov	19,2	39,5	0,0065	8,2	5,7	0,0005	0,0060
Dec	19,6	31,8	0,0054	6,3	2,2	0,0002	0,0052
<i>Periodmedel</i>	<i>19,0</i>	<i>35,1</i>	<i>0,0065</i>	<i>7,5</i>	<i>3,3</i>	<i>0,0003</i>	<i>0,0046</i>
2012:							
Jan	19,5	26,6	0,0045	4,2	3,2	0,0002	0,0043
Feb	20,1	27,6	0,0048	4,9	10,1	0,0007	0,0041
Mar	20,9	23,6	0,0043	8,9	1,2	0,0001	0,0042
Apr	19,7	26,2	0,0045	8,0	1,0	0,0001	0,0044
Maj	20,2	25,9	0,0045	12,5	1,0	0,0001	0,0044
Jun				16,1	1,2	0,0002	
Jul				19,0	1,5	0,0003	
Aug				17,7	1,4	0,0002	
Sep	19,7	47,3	0,0081				
Okt	18,8	48,8	0,0079				
Nov							
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>19,9</i>	<i>32,3</i>	<i>0,0055</i>	<i>11,4</i>	<i>2,6</i>	<i>0,0002</i>	<i>0,0043</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 3

Tabell B3.2 Villa Carlstedt mätningar i isolering södervägg: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan	17,1	33,0	0,0049	4,6	41,4	0,0029	0,0020
Feb	16,0	30,9	0,0043	2,9	38,6	0,0024	0,0019
Mar	17,2	30,5	0,0045	7,3	46,5	0,0038	0,0007
Apr	16,7	38,1	0,0055	11,1	51,6	0,0054	0,0001
Maj	17,3	40,5	0,0061	12,7	46,0	0,0053	0,0007
Jun	21,2	46,5	0,0086	18,7	49,0	0,0080	0,0006
Jul	22,3	53,1	0,0104	20,9	50,7	0,0093	0,0011
Aug	21,1	56,2	0,0103	18,4	52,0	0,0083	0,0020
Sep	18,7	50,4	0,0086	15,3	50,1	0,0071	0,0016
Okt	18,7	47,8	0,0077	11,5	60,3	0,0064	0,0013
Nov							
Dec							
<i>Periodmedel</i>	18,6	42,7	0,0071	12,3	48,6	0,0059	0,0012
2012:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr							
Maj							
Jun							
Jul							
Aug							
Sep							
Okt							
Nov							
Dec							
<i>Periodmedel</i>							

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 3

Tabell B3.3 Villa Carlstedt mätningar i isolering norrvägg: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan	14,9	22,8	0,0030	3,6	41,7	0,0028	0,0002
Feb	2,1	34,0	0,0021	1,2	35,8	0,0021	0,0000
Mar	11,2	32,7	0,0032	6,3	41,8	0,0032	0,0000
Apr	17,4	29,5	0,0044	10,7	47,4	0,0048	-0,0004
Maj	17,7	34,1	0,0052	12,5	48,9	0,0056	-0,0004
Jun	20,8	43,3	0,0078	17,6	53,2	0,0082	-0,0003
Jul	22,0	53,0	0,0102	19,7	58,5	0,0100	0,0002
Aug	20,7	55,9	0,0101	17,6	62,1	0,0095	0,0006
Sep	18,3	50,1	0,0084	15,1	58,9	0,0082	0,0002
Okt	17,4	40,4	0,0061	10,5	56,3	0,0056	0,0004
Nov	17,1	38,7	0,0057	10,0	56,8	0,0055	0,0002
Dec	16,2	32,0	0,0045	7,6	50,6	0,0042	0,0003
<i>Periodmedel</i>	16,3	38,9	0,0059	11,0	51,0	0,0058	0,0001
2012:							
Jan	15,2	25,1	0,0033	4,7	44,0	0,0031	0,0003
Feb	14,9	22,9	0,0030	3,3	40,4	0,0027	0,0003
Mar	16,9	25,7	0,0038	8,3	45,9	0,0040	-0,0003
Apr	16,4	26,8	0,0038	8,3	44,7	0,0040	-0,0001
Maj	17,8	33,5	0,0052	12,5	50,0	0,0057	-0,0005
Jun	19,4	40,7	0,0069	15,8	52,5	0,0072	-0,0004
Jul	20,7	50,2	0,0090	18,1	56,8	0,0089	0,0001
Aug	20,6	54,5	0,0097	17,5	59,6	0,0090	0,0007
Sep							
Okt							
Nov							
Dec							
<i>Periodmedel</i>	17,7	34,9	0,0056	11,1	49,2	0,0056	0,00002

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 3

Tabell B3.4 Villa Carlstedt mätningar i isolering under betongplattan: T_1 , RH_1 och V_1 är i markisolering närmast betongplattan. T_2 , RH_2 och V_2 i mittsektionen av isoleringen och T_3 , RH_3 och V_3 är placerad i markisolering närmast mot marken.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	T_3 [°C]	RH_3 [%]	V_3 [kg/m ³]
2011:									
Jan	22,5	66,6	0,0132	17,9	73,7	0,0114	12,2	38,2	0,0042
Feb	22,7	66,1	0,0132	18,0	73,4	0,0114	12,1	37,8	0,0042
Mar	21,8	66,9	0,0128	17,3	73,1	0,0109	11,6	38,1	0,0041
Apr	20,0	68,1	0,0118	15,8	74,2	0,0102	10,5	38,8	0,0039
Maj	18,5	68,5	0,0110	14,8	74,7	0,0097	10,0	40,2	0,0039
Jun	20,3	66,8	0,0118	16,3	74,0	0,0104	11,2	39,4	0,0041
Jul	20,6	67,9	0,0121	16,8	74,8	0,0109	12,0	39,7	0,0043
Aug	20,6	69,1	0,0124	17,1	76,6	0,0113	12,7	40,6	0,0046
Sep	19,0	63,2	0,0110	15,8	69,2	0,0100	11,9	37,5	0,0043
Okt	21,8	68,8	0,0131	18,0	75,3	0,0117	13,4	39,3	0,0047
Nov	21,8	68,3	0,0130	17,9	74,3	0,0115	13,1	39,5	0,0046
Dec	22,0	66,0	0,0127	17,9	72,4	0,0112	12,7	38,4	0,0044
<i>Periodmedel</i>	<i>21,0</i>	<i>67,2</i>	<i>0,0123</i>	<i>17,0</i>	<i>73,8</i>	<i>0,0109</i>	<i>12,0</i>	<i>39,0</i>	<i>0,0043</i>
2012:									
Jan	22,5	63,4	0,0125	18,0	71,1	0,0111	12,5	37,5	0,0042
Feb	22,8	62,1	0,0125	18,2	69,5	0,0109	12,4	36,7	0,0041
Mar	21,8	62,7	0,0120	17,3	69,8	0,0104	11,7	37,3	0,0040
Apr	20,6	62,0	0,0111	16,2	69,7	0,0098	10,8	37,5	0,0038
Maj	19,3	63,2	0,0106	15,5	70,0	0,0094	10,4	38,1	0,0038
Jun	19,3	64,8	0,0108				10,9	39,1	0,0040
Jul	19,5	65,9	0,0111				11,6	39,8	0,0043
Aug	20,0	66,1	0,0114				12,2	39,8	0,0044
Sep				16,6	73,5	0,0105			
Okt				16,4	73,7	0,0104			
Nov									
Dec									
<i>Periodmedel</i>	<i>20,7</i>	<i>63,8</i>	<i>0,0115</i>	<i>16,9</i>	<i>71,1</i>	<i>0,0104</i>	<i>11,6</i>	<i>38,2</i>	<i>0,0041</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 4

Tabell B4.1 Villa Dario mätningar i takisolering: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärren.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan	19,9	16,4	0,0028	12,2	29,9	0,0033	-0,0005
Feb	20,0	12,9	0,0023	11,5	28,6	0,0031	-0,0008
Mar	21,7	17,0	0,0	14,0	31,5	0,0039	-0,0007
Apr				17,5	40,4	0,0062	
Maj				18,4	47,5	0,0076	
Jun				22,8	54,5	0,0111	
Jul				25,0	54,9	0,0124	
Aug				23,3	53,7	0,0111	
Sep	18,9	52,6	0,0086	16,7	53,4	0,0077	0,0009
Okt	20,0	41,4	0,0072	15,4	46,9	0,0063	0,0009
Nov	20,0	36,8	0,0063	14,7	43,9	0,0056	0,0007
Dec	20,3	29,6	0,0052	12,7	35,7	0,0044	0,0008
<i>Periodmedel</i>	<i>20,1</i>	<i>29,5</i>	<i>0,0051</i>	<i>17,0</i>	<i>43,4</i>	<i>0,0069</i>	<i>0,0002</i>
2012:							
Jan	20,2	24,6	0,0043	13,5	36,4	0,0044	-0,0001
Feb	20,6	20,7	0,0037	13,3	32,6	0,0039	-0,0002
Mar	21,3	22,6	0,0042	15,1	35,0	0,0046	-0,0004
Apr	21,5	23,6	0,0044	15,7	36,7	0,0050	-0,0006
Maj	21,9	31,7	0,0061	18,4	44,6	0,0072	-0,0011
Jun	21,3	37,5	0,0070	18,9	50,0	0,0082	-0,0012
Jul							
Aug							
Sep							
Okt							
Nov							
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>21,1</i>	<i>26,8</i>	<i>0,0049</i>	<i>15,8</i>	<i>39,2</i>	<i>0,0055</i>	<i>-0,0006</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 4

Tabell B4.2 Villa Dario mätningar i isolering i södervägg: T₁, RH₁ och V₁ är närmast insida ytterväggen, T₂, RH₂ och V₂ etc är placerad på olika djup närmare utsidan.

Period	T ₁ [°C]	RH ₁ [%]	V ₁ [kg/m ³]	T ₂ [°C]	RH ₂ [%]	V ₂ [kg/m ³]	T ₃ [°C]	RH ₃ [%]	V ₃ [kg/m ³]	T ₄ [°C]	RH ₄ [%]	V ₄ [kg/m ³]
2011:												
Jan	20,9	18,8	0,0034	15,3	27,2	0,0036	6,2	49,7	0,0038	0,8	60,9	0,0033
Feb	20,9	16,1	0,0029	14,4	24,1	0,0031	4,2	45,6	0,0032	-1,7	56,1	0,0026
Mar	20,9	17,7	0,0032	16,6	31,6	0,0045	9,6	54,4	0,0052	5,4	65,2	0,0047
Apr	22,2	22,0	0,0043	19,1	39,1	0,0065	12,8	57,2	0,0066	11,2	62,2	0,0065
Maj	21,8	26,1	0,0050	19,2	40,6	0,0068				12,9	56,7	0,0066
Jun	23,9	36,9	0,0078	22,4	46,9	0,0093				18,6	57,8	0,0093
Jul	25,6	44,6	0,0103	24,4	50,6	0,0110				21,4	59,2	0,0111
Aug	23,5	47,4	0,0099	22,5	52,5	0,0104				20,1	58,1	0,0101
Sep	18,9	51,0	0,0083	17,6	54,3	0,0082	15,5	61,8	0,0083	14,2	64,7	0,0081
Okt	19,3	40,3	0,0067	16,5	45,2	0,0065	12,4	58,8	0,0066	9,9	63,9	0,0062
Nov	20,0	37,1	0,0064	16,5	41,3	0,0059	11,0	58,2	0,0060	7,7	65,1	0,0055
Dec	18,5	29,5	0,0047	14,8	35,5	0,0046	8,6	54,6	0,0049	4,8	64,7	0,0045
<i>Medel</i>	<i>21,4</i>	<i>32,3</i>	<i>0,0061</i>	<i>18,3</i>	<i>40,7</i>	<i>0,0067</i>	<i>10,0</i>	<i>55,0</i>	<i>0,0056</i>	<i>10,4</i>	<i>61,2</i>	<i>0,0065</i>
2012:												
Jan	19,5	22,8	0,0038	14,9	30,8	0,0040	7,5	51,4	0,0042	3,0	63,8	0,0039
Feb	20,5	19,0	0,0034	15,3	27,4	0,0037	7,2	48,9	0,0040	2,3	61,6	0,0037
Mar	20,6	21,8	0,0039	16,7	33,4	0,0049	10,7	53,1	0,0054	7,1	62,2	0,0050
Apr	21,1	22,0	0,0040	17,2	31,6	0,0047	11,1	49,2	0,0051	7,5	57,2	0,0048
Maj	21,8	26,7	0,0051	19,0	36,7	0,0061				12,2	55,2	0,0062
Jun	20,9	30,6	0,0055	19,8	41,8	0,0072				15,9	52,6	0,0073
Jul				20,5	48,5	0,0087				18,4	54,5	0,0087
Aug	18,7	56,3	0,0091	19,4	51,9	0,0087	16,1	58,0	0,0081	17,1	57,4	0,0085
Sep	20,4	48,5	0,0085	18,3	48,4	0,0076	15,2	58,2	0,0077	13,3	60,7	0,0072
Okt	21,5	35,5	0,0066	18,1	40,3	0,0063	12,8	56,3	0,0065	9,5	62,5	0,0059
Nov	21,3	27,0	0,0050	17,4	34,2	0,0052	11,2	53,3	0,0056	7,5	62,5	0,0052
Dec												
<i>Medel</i>	<i>20,6</i>	<i>31,0</i>	<i>0,0055</i>	<i>17,9</i>	<i>38,6</i>	<i>0,0061</i>	<i>11,5</i>	<i>53,5</i>	<i>0,0058</i>	<i>10,4</i>	<i>59,1</i>	<i>0,0060</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 4

Tabell B4.3 Villa Dario mätningar i isolering i norrvägg: T₁, RH₁ och V₁ är närmast insida ytterväggen, T₂, RH₂ och V₂ etc är placerad på olika djup närmare utsidan.

Period	T ₁ [°C]	RH ₁ [%]	V ₁ [kg/m ³]	T ₂ [°C]	RH ₂ [%]	V ₂ [kg/m ³]	T ₃ [°C]	RH ₃ [%]	V ₃ [kg/m ³]	T ₄ [°C]	RH ₄ [%]	V ₄ [kg/m ³]
2011:												
Jan	20,2	16,7	0,0029	13,6	23,2	0,0028	7,2	48,5	0,0040	-0,2	57,5	0,0029
Feb	20,3	10,6	0,0019	12,3	19,9	0,0023	2,2	39,8	0,0025	-3,3	50,9	0,0022
Mar	20,5	17,3	0,0031	14,8	25,5	0,0033	7,3	46,8	0,0039	3,2	57,3	0,0036
Apr	21,8	22,1	0,0042	17,8	30,8	0,0048	12,2	48,9	0,0054	9,2	55,0	0,0051
Maj	21,3	27,4	0,0051	18,4	33,8	0,0054	14,1	48,2	0,0060	11,7	52,3	0,0057
Jun	23,2	37,8	0,0078	21,5	41,9	0,0079	18,7	53,0	0,0086	17,3	55,2	0,0083
Jul	24,9	45,8	0,0102	23,5	48,0	0,0100	21,1	57,0	0,0105	19,9	58,8	0,0101
Aug	22,6	49,8	0,0099	21,2	50,8	0,0094	19,0	58,7	0,0096	17,8	60,0	0,0092
Sep	18,4	52,5	0,0084	16,9	54,0	0,0079	14,5	64,8	0,0083	13,2	67,6	0,0080
Okt	19,1	43,1	0,0071	16,0	43,8	0,0061	11,5	59,6	0,0064	9,1	65,0	0,0060
Nov	20,0	38,9	0,0067	16,2	41,0	0,0057	10,7	58,7	0,0059	7,7	65,8	0,0055
Dec	20,1	29,8	0,0052	15,5	33,2	0,0045	8,9	53,1	0,0048	5,1	58,5	0,0042
<i>Medel</i>	<i>21,0</i>	<i>32,6</i>	<i>0,0060</i>	<i>17,3</i>	<i>37,2</i>	<i>0,0058</i>	<i>12,3</i>	<i>53,1</i>	<i>0,0063</i>	<i>9,2</i>	<i>58,7</i>	<i>0,0059</i>
2012:												
Jan				5,5	44,9	0,0032	14,1	26,8	0,0033	20,0	22,8	0,0039
Feb				4,3	42,4	0,0030	13,2	22,3	0,0027	20,1	17,5	0,0031
Mar				9,5	47,1	0,0045	16,0	28,2	0,0039	20,7	21,6	0,0039
Apr				9,7	45,8	0,0044	16,1	27,8	0,0039	20,7	21,9	0,0039
Maj				13,6	49,8	0,0061	18,0	35,1	0,0055	20,9	28,6	0,0052
Jun				15,0	50,1	0,0065	18,2	37,6	0,0059	20,3	32,5	0,0057
Jul												
Aug												
Sep												
Okt												
Nov												
Dec												
<i>Medel</i>				<i>9,6</i>	<i>46,7</i>	<i>0,0046</i>	<i>15,9</i>	<i>29,6</i>	<i>0,0042</i>	<i>20,4</i>	<i>24,1</i>	<i>0,0043</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 4

Tabell B4.4 Villa Dario mätningar i isolering under betongplattan: T₁, RH₁ och V₁ är placerad i cellplastisoleringen närmast betongplattan och T₂, RH₂ och V₂ är placerad i isoleringen närmast mot marken.

Period	T ₁ [°C]	RH ₁ [%]	V ₁ [kg/m ³]	T ₂ [°C]	RH ₂ [%]	V ₂ [kg/m ³]
2011:						
Jan	25,8	60,4	0,0141	11,8	19,3	0,0021
Feb	26,0	58,0	0,0137	11,5	19,0	0,0020
Mar	23,2	55,9	0,0115	10,7	19,5	0,0020
Apr	23,7	53,7	0,0113	9,9	19,7	0,0019
Maj	22,4	53,5	0,0105			
Jun	22,3	52,2	0,0102			
Jul	23,9	50,4	0,0107			
Aug	22,2	50,3	0,0098			
Sep	19,0	50,4	0,0083	12,6	23,5	0,0027
Okt	20,8	49,1	0,0089	12,7	22,1	0,0025
Nov	23,9	47,1	0,0100	12,7	21,2	0,0024
Dec	23,6	45,0	0,0094	12,6	20,6	0,0023
<i>Periodmedel</i>	<i>23,1</i>	<i>52,2</i>	<i>0,0107</i>	<i>11,8</i>	<i>20,6</i>	<i>0,0022</i>
2012:						
Jan	24,6	42,3	0,0093	12,1	20,3	0,0022
Feb	23,6	40,1	0,0084	11,7	20,2	0,0022
Mar	22,9	38,7	0,0078			
Apr	23,8	37,4	0,0079			
Maj	22,6	36,1	0,0072			
Jun	21,6	35,7	0,0067			
Jul						
Aug						
Sep						
Okt						
Nov						
Dec						
<i>Periodmedel</i>	<i>23,2</i>	<i>38,4</i>	<i>0,0079</i>	<i>11,9</i>	<i>20,2</i>	<i>0,0022</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 5

Tabell B5.1 Gröngård fuktmätningar i takisolering: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärren.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr							
Maj							
Jun	20,4	45,6	0,0081	21,4	45,5	0,0083	-0,0002
Jul	23,6	49,0	0,0103	24,5	48,6	0,0106	-0,0003
Aug	21,2	50,5	0,0093	19,2	61,3	0,0101	-0,0007
Sep	18,4	52,0	0,0083	13,6	73,0	0,0089	-0,0006
Okt	15,6	40,3	0,0055	5,4	77,9	0,0056	-0,0001
Nov	14,7	39,2	0,0051	2,8	83,8	0,0051	0,0000
Dec	13,5	33,3	0,0040	-0,9	84,0	0,0039	0,0001
<i>Periodmedel</i>	<i>18,2</i>	<i>44,3</i>	<i>0,0072</i>	<i>12,3</i>	<i>67,7</i>	<i>0,0075</i>	<i>-0,0003</i>
2012:							
Jan	13,3	26,7	0,0032	-2,7	73,6	0,0029	0,0002
Feb	12,7	20,2	0,0025	-4,3	67,9	0,0026	-0,0001
Mar	15,3	28,6	0,0038	1,6	66,8	0,0037	0,0001
Apr	15,4	28,1	0,0038	3,5	60,0	0,0039	0,0000
Maj	18,8	30,5	0,0050	12,7	48,4	0,0054	-0,0004
Jun	21,4	33,0	0,0062	19,8	42,5	0,0072	-0,0010
Jul	22,7	40,5	0,0081	22,2	48,0	0,0092	-0,0011
Aug	21,7	43,0	0,0082	19,3	55,3	0,0091	-0,0009
Sep	18,6	41,0	0,0066	11,2	69,4	0,0073	-0,0007
Okt	17,1	40,2	0,0060	3,8	80,8	0,0054	-0,0004
Nov	14,4	34,8	0,0045	1,7	83,0	0,0047	-0,0003
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>17,2</i>	<i>32,9</i>	<i>0,0052</i>	<i>8,1</i>	<i>63,2</i>	<i>0,0056</i>	<i>-0,0004</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 5

Tabell B5.2 Gröngård fuktmätningar i isolering södervägg: T_1 , RH_1 och V_1 på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr							
Maj							
Jun	21,0	44,8	0,0082	20,3	43,7	0,0076	0,0006
Jul	24,6	44,8	0,0099	23,8	45,8	0,0096	0,0002
Aug	22,6	46,2	0,0092	20,0	52,9	0,0091	0,0001
Sep	20,8	46,3	0,0081	15,8	61,0	0,0081	-0,0001
Okt	21,0	29,1	0,0053	10,2	51,2	0,0051	0,0003
Nov	20,8	25,0	0,0046	6,2	62,9	0,0048	-0,0003
Dec	18,9	22,4	0,0037	1,7	71,6	0,0040	-0,0003
<i>Periodmedel</i>	<i>21,4</i>	<i>37,0</i>	<i>0,0070</i>	<i>14,0</i>	<i>55,6</i>	<i>0,0069</i>	<i>0,0001</i>
2012:							
Jan	18,1	18,8	0,0029	-1,8	71,4	0,0031	-0,0001
Feb	17,7	16,4	0,0026	-1,9	64,5	0,0029	-0,0003
Mar	20,3	20,1	0,0035	7,2	44,8	0,0036	0,0000
Apr	20,2	19,4	0,0034	7,9	42,5	0,0036	-0,0002
Maj	22,4	22,5	0,0044	13,9	40,3	0,0048	-0,0004
Jun	23,5	28,5	0,0059	18,9	41,0	0,0066	-0,0007
Jul	24,0	38,1	0,0081	21,4	47,8	0,0088	-0,0006
Aug	23,6	38,4	0,0080	19,8	49,3	0,0084	-0,0003
Sep	22,6	32,7	0,0065	14,1	53,8	0,0067	-0,0002
Okt	21,2	24,1	0,0045	7,8	52,7	0,0047	-0,0002
Nov	20,2	24,4	0,0043	4,9	66,7	0,0047	-0,0005
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>21,3</i>	<i>25,8</i>	<i>0,0049</i>	<i>10,2</i>	<i>52,3</i>	<i>0,0053</i>	<i>-0,0003</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 5

Tabell B5.3 Gröngård fuktmätningar i isolering norrvägg: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr							
Maj							
Jun							
Jul	22,9	56,0	0,0113	20,6	57,0	0,0102	0,0010
Aug	21,3	58,0	0,0107	17,7	61,9	0,0095	0,0013
Sep	19,3	57,8	0,0093	14,4	68,2	0,0084	0,0009
Okt	17,5	46,8	0,0071	8,7	61,7	0,0056	0,0015
Nov	17,0	44,1	0,0065	7,2	64,7	0,0053	0,0012
Dec	16,1	38,4	0,0054	3,9	61,1	0,0040	0,0014
<i>Periodmedel</i>	<i>19,0</i>	<i>50,2</i>	<i>0,0084</i>	<i>12,1</i>	<i>62,4</i>	<i>0,0072</i>	<i>0,0012</i>
2012:							
Jan	15,2	32,3	0,0043				
Feb	14,9	35,7	0,0046				
Mar	17,3	32,1	0,0048	5,6	51,5	0,0038	0,0010
Apr	17,7	32,1	0,0049	6,9	48,8	0,0040	0,0010
Maj	19,6	34,9	0,0059	12,5	46,7	0,0053	0,0006
Jun	21,3	39,8	0,0074	17,1	48,0	0,0071	0,0003
Jul	22,4	49,2	0,0097	19,4	53,2	0,0090	0,0007
Aug	21,7	52,7	0,0100	17,6	57,6	0,0088	0,0012
Sep	19,6	49,9	0,0085	12,8	60,3	0,0070	0,0015
Okt	17,7	44,8	0,0069	7,2	62,6	0,0053	0,0016
Nov	17,4	42,9	0,0064	6,2	64,0	0,0050	0,0015
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>18,6</i>	<i>40,6</i>	<i>0,0067</i>	<i>11,7</i>	<i>54,7</i>	<i>0,0061</i>	<i>0,0011</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 5

Tabell B5.4 Gröngård fuktmätningar i isolering under betongplattan: T_1 , RH_1 och V_1 är placerad i isolering närmast betongplattan. T_2 , RH_2 och V_2 samt T_3 , RH_3 och V_3 i mittsektionen av isoleringen.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	T_3 [°C]	RH_3 [%]	V_3 [kg/m ³]
2011:									
Jan									
Feb									
Mar									
Apr									
Maj									
Jun	18,5	49,0	0,0078	17,4	35,2	0,0053	17,1	56,8	0,0084
Jul	22,0	47,5	0,0091	20,5	31,4	0,0056	20,4	53,4	0,0094
Aug	21,5	49,1	0,0092	20,2	31,1	0,0054	20,0	51,2	0,0089
Sep	20,0	50,8	0,0088	19,0	31,4	0,0050	19,0	49,6	0,0079
Okt				19,2	31,0	0,0051	19,5	47,6	0,0080
Nov				19,5	29,9	0,0049	20,0	44,5	0,0074
Dec				19,4	29,2	0,0049	19,8	42,2	0,0072
<i>Periodmedel</i>	<i>20,5</i>	<i>49,1</i>	<i>0,0087</i>	<i>19,3</i>	<i>31,3</i>	<i>0,0052</i>	<i>19,4</i>	<i>49,3</i>	<i>0,0082</i>
2012:									
Jan	19,5	39,1	0,0066						
Feb	19,3	36,2	0,0060						
Mar	20,6	33,2	0,0059						
Apr	20,3	32,0	0,0056						
Maj	20,6	30,4	0,0054						
Jun	21,0	30,0	0,0055						
Jul	21,2	29,2	0,0054						
Aug	21,1	29,0	0,0053						
Sep	20,9	29,0	0,0053						
Okt	20,9	29,7	0,0054						
Nov	20,5	29,7	0,0053						
Dec									
<i>Periodmedel</i>	<i>20,5</i>	<i>31,6</i>	<i>0,0056</i>						

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 6

Tabell B6.1 Kullen fuktmätningar i takisolering: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 , V_2 och T_3 , RH_3 , V_3 är utanför ångspärren.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	T_3 [°C]	RH_3 [%]	V_3 [kg/m ³]
2011:									
Jan									
Feb									
Mar									
Apr									
Maj									
Jun									
Jul									
Aug									
Sep	21,6	50,3	0,0095	16,0	47,6	0,0066	12,0	61,1	0,0067
Okt	21,2	47,3	0,0087	11,7	45,1	0,0049	4,7	71,6	0,0050
Nov	21,8	48,0	0,0091	10,2	48,0	0,0048	2,1	81,6	0,0047
Dec	19,9	43,3	0,0075	7,1	47,0	0,0038	-1,5	82,7	0,0037
<i>Periodmedel</i>	<i>21,1</i>	<i>47,2</i>	<i>0,0087</i>	<i>11,2</i>	<i>46,9</i>	<i>0,0050</i>	<i>4,3</i>	<i>74,3</i>	<i>0,0050</i>
2012:									
Jan	21,4	43,5	0,0081	8,0	45,5	0,0039	-0,8	79,3	0,0036
Feb	21,7	38,8	0,0073	8,6	42,9	0,0038			
Mar	21,6	36,3	0,0068	9,8	43,7	0,0042			
Apr	20,6	37,4	0,0065	8,6	38,7	0,0035			
Maj	21,3	34,0	0,0063						
Jun									
Jul									
Aug									
Sep									
Okt									
Nov									
Dec									
<i>Periodmedel</i>	<i>21,3</i>	<i>38,0</i>	<i>0,0070</i>	<i>8,7</i>	<i>42,7</i>	<i>0,0038</i>	<i>-0,8</i>	<i>79,3</i>	<i>0,0036</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 6

Tabell B6.2 Kullen fuktmätningar i isolering södervägg: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr							
Maj							
Jun							
Jul	23,7	56,6	0,0119				
Aug							
Sep				15,9	57,7	0,0080	
Okt	18,6	62,0	0,0099	12,7	48,9	0,0057	0,0043
Nov	18,6	55,0	0,0088	11,9	49,3	0,0054	0,0034
Dec	17,5	48,3	0,0073	9,6	43,4	0,0042	0,0032
<i>Periodmedel</i>	<i>19,6</i>	<i>55,5</i>	<i>0,0095</i>	<i>12,5</i>	<i>49,8</i>	<i>0,0058</i>	<i>0,0036</i>
2012:							
Jan	16,5	46,6	0,0067	7,5	37,7	0,0032	0,0035
Feb	16,0	47,4	0,0066	5,9	32,7	0,0026	0,0040
Mar	17,9	44,6	0,0069	11,0	37,3	0,0039	0,0030
Apr	18,0	43,4	0,0068	11,4	38,2	0,0041	0,0027
Maj	19,5	47,4	0,0080	15,0	42,6	0,0056	0,0024
Jun	20,8	49,3	0,0089	18,0	47,8	0,0074	0,0015
Jul	21,7	54,7	0,0104	19,9	56,4	0,0097	0,0006
Aug	21,4	58,4	0,0109	18,9	58,0	0,0095	0,0014
Sep	19,7	55,4	0,0094	15,6	54,4	0,0074	0,0020
Okt	18,3	51,7	0,0082	12,0	49,7	0,0056	0,0026
Nov	18,3	45,7	0,0072	11,3	48,1	0,0051	0,0021
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>18,9</i>	<i>49,5</i>	<i>0,0082</i>	<i>13,3</i>	<i>45,7</i>	<i>0,0058</i>	<i>0,0023</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 6

Tabell B6.3 Kullen fuktmätningar i isolering norrvägg: T_1 , RH_1 och V_1 är på insida om ångspärr. T_2 , RH_2 och V_2 är utanför ångspärr och dV är skillnad i ånghalt över ångspärr.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	dV [kg/m ³]
2011:							
Jan							
Feb							
Mar							
Apr							
Maj							
Jun							
Jul				20,3	64,7	0,0115	
Aug				18,4	66,9	0,0107	
Sep	19,7	52,5	0,0089	17,3	69,2	0,0104	-0,0014
Okt	18,3	46,6	0,0074	12,0	54,7	0,0061	0,0013
Nov	17,3	45,6	0,0068	10,8	55,4	0,0057	0,0011
Dec	16,6	41,4	0,0059	8,3	49,4	0,0044	0,0016
<i>Periodmedel</i>	<i>17,9</i>	<i>46,5</i>	<i>0,0073</i>	<i>14,5</i>	<i>60,1</i>	<i>0,0081</i>	<i>0,0006</i>
2012:							
Jan	15,3	35,2	0,0047	5,7	45,7	0,0034	0,0013
Feb	15,2	35,9	0,0048	4,5	38,9	0,0028	0,0020
Mar	17,2	40,6	0,0060	9,6	46,5	0,0044	0,0016
Apr	17,1	32,9	0,0049	9,5	45,7	0,0044	0,0005
Maj	18,8	36,3	0,0059	13,9	49,2	0,0061	-0,0002
Jun	20,3	44,3	0,0078	16,9	54,7	0,0080	-0,0002
Jul	21,5	51,6	0,0097	19,2	60,7	0,0101	-0,0004
Aug	20,8	55,5	0,0100	17,7	65,6	0,0100	0,0000
Sep	18,9	50,6	0,0083	14,3	61,9	0,0078	0,0004
Okt	17,7	44,4	0,0068	10,8	56,4	0,0059	0,0009
Nov	17,4	41,2	0,0062	10,0	54,3	0,0053	0,0008
Dec							
<i>Periodmedel</i>	<i>18,2</i>	<i>42,6</i>	<i>0,0068</i>	<i>12,0</i>	<i>52,7</i>	<i>0,0062</i>	<i>0,0006</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 6

Tabell B6.4 Kullen fuktmätningar i isolering under betongplattan: T_1 , RH_1 och V_1 är placerad i isoleringen närmast mot betongplattan. T_2 , RH_2 och V_2 i mittsektionen och T_3 , RH_3 och V_3 är placerad i isoleringen närmast mot marken.

Period	T_1 [°C]	RH_1 [%]	V_1 [kg/m ³]	T_2 [°C]	RH_2 [%]	V_2 [kg/m ³]	T_3 [°C]	RH_3 [%]	V_3 [kg/m ³]
2011:									
Jan									
Feb									
Mar									
Apr									
Maj									
Jun									
Jul	22,6	75,6	0,0150	21,1	68,2	0,0125	14,4	82,5	0,0104
Aug				20,7	69,8	0,0126			
Sep				20,5	70,1	0,0125			
Okt	22,7	75,9	0,0152	21,4	69,5	0,0130	15,6	84,0	0,0114
Nov	23,1	74,9	0,0152	21,8	68,3	0,0130	15,5	83,0	0,0112
Dec	22,8	73,8	0,0148	21,5	67,0	0,0126	15,0	82,7	0,0108
<i>Periodmedel</i>	<i>22,8</i>	<i>75,0</i>	<i>0,0150</i>	<i>21,2</i>	<i>68,8</i>	<i>0,0127</i>	<i>15,1</i>	<i>83,0</i>	<i>0,0110</i>
2012:									
Jan	22,5	72,6	0,0143	21,1	65,9	0,0121	14,4	82,0	0,0104
Feb	22,3	72,1	0,0141	21,0	65,5	0,0120	14,4	82,0	0,0104
Mar	21,8	71,5	0,0136	20,4	65,0	0,0115	13,9	82,4	0,0101
Apr	21,7	70,2	0,0133	20,2	63,6	0,0111	13,2	81,2	0,0096
Maj	21,8	69,2	0,0131	20,2	63,0	0,0110	13,1	80,8	0,0095
Jun	22,0	69,6	0,0134	20,5	63,4	0,0113	13,8	81,8	0,0100
Jul	22,2	70,7	0,0137	20,8	65,1	0,0117	14,5	82,8	0,0106
Aug	22,4	71,9	0,0141	21,1	66,5	0,0122	15,2	83,3	0,0110
Sep	22,2	72,0	0,0140	21,0	67,0	0,0122	15,4	84,1	0,0113
Okt	23,0	71,2	0,0144	21,7	66,0	0,0125	15,6	83,3	0,0113
Nov	22,7	70,1	0,0140	21,4	64,7	0,0121	15,2	82,6	0,0109
Dec									
<i>Periodmedel</i>	<i>22,2</i>	<i>71,0</i>	<i>0,0138</i>	<i>20,9</i>	<i>65,1</i>	<i>0,0118</i>	<i>14,4</i>	<i>82,4</i>	<i>0,0104</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.

Bilaga 6

Tabell B6.5 Kullen fuktmätningar i isolering under betongplattan: T₄, RH₄ och V₄ är placerad i isolering närmast mot betongplattan. T₅, RH₅ och V₅ i mittsektionen och T₆, RH₆ och V₆ är placerad i isoleringen närmast mot marken.

Period	T ₄ [°C]	RH ₄ [%]	V ₄ [kg/m ³]	T ₅ [°C]	RH ₅ [%]	V ₅ [kg/m ³]	T ₆ [°C]	RH ₆ [%]	V ₆ [kg/m ³]
2011:									
Jan									
Feb									
Mar									
Apr									
Maj									
Jun									
Jul	22,0	73,3	0,0141	20,9	72,0	0,0131	15,4	82,0	0,0110
Aug	22,2	73,5	0,0143	21,2	71,9	0,0133	15,7	82,3	0,0112
Sep	23,4	73,2	0,0151	22,3	71,3	0,0139	16,4	81,9	0,0116
Okt	25,5	71,9	0,0165	24,2	69,8	0,0151	17,6	80,3	0,0122
Nov	24,9	71,4	0,0160	23,7	69,6	0,0146	17,5	80,7	0,0122
Dec	25,9	70,0	0,0164	24,6	68,3	0,0150	18,0	79,8	0,0124
<i>Periodmedel</i>	<i>24,0</i>	<i>72,2</i>	<i>0,0154</i>	<i>22,8</i>	<i>70,5</i>	<i>0,0142</i>	<i>16,8</i>	<i>81,2</i>	<i>0,0118</i>
2012:									
Jan	26,8	68,6	0,0168	25,5	67,0	0,0154	18,4	79,0	0,0125
Feb	26,6	67,5	0,0164	25,2	66,0	0,0150	18,3	78,8	0,0124
Mar	25,3	67,0	0,0153	24,1	65,4	0,0140	17,6	79,2	0,0120
Apr	25,1	65,8	0,0148	23,9	64,3	0,0136	17,2	78,5	0,0117
Maj	24,5	64,8	0,0142	23,3	63,6	0,0131	16,7	78,5	0,0114
Jun	22,2	65,6	0,0127	21,2	64,5	0,0119	15,7	80,3	0,0110
Jul	21,4	66,3	0,0124	20,5	65,0	0,0115	15,4	81,0	0,0109
Aug	22,1	66,6	0,0129	21,1	65,3	0,0120	15,9	80,7	0,0111
Sep	23,4	65,7	0,0136	22,3	64,6	0,0127	16,7	79,8	0,0115
Okt	24,7	64,9	0,0143	23,6	63,8	0,0133	17,4	79,1	0,0119
Nov	24,7	63,9	0,0141	23,6	63,1	0,0132	17,5	78,9	0,0119
Dec									
<i>Periodmedel</i>	<i>24,2</i>	<i>66,1</i>	<i>0,0143</i>	<i>23,1</i>	<i>64,8</i>	<i>0,0132</i>	<i>17,0</i>	<i>79,4</i>	<i>0,0117</i>

Ej angivet månadsmedelvärde innebär av olika anledningar mätbortfall.