



Mätresultat Villa Malmborg

Vinterperioden 2008

juni 2008

Eje Sandberg

ATON teknikkonsult AB



Innehållsförteckning

1. Sammanfattning	3
1. Syfte	4
2. Bakgrund	4
3. Verifiering krav	4
4. Verifiering av effektkravet vid DUT.....	5
4.1 Ventilationssystemets systemverkningsgrad.....	5
4.2 Beräknad förlusteffekt.....	7
4.3 Metoddiskussion.....	10
Bilaga 1. Ljudmätning sovrum.....	11
Bilaga 2. Mätning av prestanda för luftbehandlingsaggregat	12
Bilaga 3. Effekttanalys baserat på projekteringsdata	13
Bilaga 4 Beräkningsmetodik	14
Bilaga 5. Mätdataanalys- effektkalkylen.....	16

1. Sammanfattning

Uppdraget omfattar en verifikationsmätning av passivhuskraven.

1. Fönster U-värde: har inte ingått i uppdraget.
2. Ljudklass B i sovrum: Klarades inte vid nominellt luftflöde på 70 l/s. Som mest uppmättes 38 dBA i det mindre sovrummet som har ett golvplacerat tilluftsdon. En löst åtdragen slangklämma vid kanalanslutning har därefter satts fast och den subjektiva upplevelsen är att ljudnivån därefter har sjunkit, men fortfarande ligger på en oacceptabelt hög nivå.
3. Max 52 grader vid tilluftsdon. Har ej kunnat mätas under denna varma vinter.
4. Täthet < 0,3 l/s,m² Aom. Kravet har verifierats i annat uppdrag dels i samband med bygget och dels efter inflyttning.
5. Effektkrav vid dimensionerande utetemperatur.

Mätningarna har genomförts under mindre lyckliga omständigheter. Varmvattenmätare installerades sent. Mätperioden blev sen (feb/mars) i förhållande till solvärme. Mätperioden var extremt varm ute.

Beräknad förlusteffekt baserad på mätanalys och köpt energi, indikerar en påtagligt högre nivå än den projekterade, 24 W/m² istället för 13 W/m².

En förklaring till denna avvikelse är en väsentligt lägre temperaturverkningsgrad i ventilationsaggregatet, 58% istället för 82%. Vid mätningen kunde inte orsaken till denna avvikelse förklaras. Denna avvikelse kan enkelt åtgärdas genom utbyte av aggregat, t.ex. till det mindre men effektivare aggregatet TemoVex250 som också med AC-motorer drar väsentligt mindre elenergi.

Även klimatskalet förluster är större än projekterat. Med de osäkerheter som förelåg under mätperioden bör förlusten ligga inom intervallet 15-19,5 W/m². I rapporten diskuteras tänkbara orsaker till avvikelsen.

Förväntad energiåtgång blir dock fortfarande låg (solexponerat läge) med mindre än 50 kWh/m² för värme, varmvatten och driftel, förutsatt att ventilationsaggregat byts ut, annars ökar förlusterna med ca 15 kWh/m² till 65 kWh/m² och år.

Det bör påpekas att metodiken att mäta den specifika effektförlusten i denna rapport är i ett utvecklingskede. I Tyskland görs t.ex. veriferingen utifrån projekteringsdata.

Slutresultat	projekterat	Uppmätt
Specifik effektförlust P_{dim} vid DUT, (W/m ²)	13	24
P_{dim} ventilation (W/m ²)	4,7	8 - 10
P_{dim} klimatskal (W/m ²)	12,7	15-19,5
Specifik förlustfaktor klimatskärm (inkl luftläckn.) (W/K,m ²)	--	0,4

Eleffekt till fläktar och pumpar (W)	--	195
--------------------------------------	----	-----

1. Syfte

Uppdraget omfattar en verifikationsmätning av byggnadens energiegenskaper avseende passivhusdefinitionen.

2. Bakgrund

Byggnaden projekterades innan FEBYs utkast till passivhusdefinition fanns publicerad. Det innebär bl.a att effektbehovsberäkning utförd på byggnaden i projekteringsfasen har utgått från en utetemperatur kopplad till en tidskonstant på 300 timmar, samt att effektberäkningen utförts med annan beräkningsmetod som kan skilja sig något.

Mätinsatsen och där till kopplad effekt- och energibehovsberäkning är utförd utifrån PH-definitionen FEBY från 2007.

3. Verifiering krav

1. Fönster U-värde < 0,9

Detta krav verifieras utifrån leverantörsdata och ingår inte i mätuppdraget.

Vid mätuppföljning den 9 april 2008 med en inomhustemperatur på 20,3 grader och en utetemperatur på 6,5 grader låg fönstrens ytemperatur på insidan vid inom intervallet 17 – 18 grader såväl vid mittglas liksom även på karmdel (mindre fönster har den lägre temperaturen).

Taktemperatur mitt 20,4, liksom även golvtemperatur.

Tilluftstemperatur borte don vid donet var 29 grader och 1 m från donet ca 22 grader.

Ytterkanttemperatur golv vid glasörrar och glasörrar ner till golv: 15,5 grader.

2. Ljudklass B i sovrum från ventilationssystem.

Ljudmätning utförd vid dimensionerat luftflöde 70 l/s uppmättes till som mest 38 dBA i det mindre sovrummet. Tilluftsdonen är golvplacerade. Se mätbilaga 1.

En löst åtdragen slangklämma vid kanalanslutning har därefter satts fast och den subjektiva upplevelsen är att ljudnivån därefter har sjunkit, men fortfarande ligger på en oacceptabelt hög nivå.

3. Max 52 grader vid tilluftsdon.

Tilluftstemperaturen i den närmaste donet har loggats, men utetemperaturerna varit onormalt höga under mätperioden så intressanta mätserier har inte kunnat erhållas. Fortsatt loggning sker och nästa vinter kanske bättre förhållanden fås.

Beräkningsmässigt kan tilluftstemperaturen vid ett luftflöde på 70 l/s direkt efter värmekonvektorn med en installerad effekt på 2.500 Watt (12 Watt/m²) bli som mest: 45-48 grader, något beroende på temperaturen före eftervärmaren. Om däremot tilluftsflödet skulle

ställas ner till 55 l/s eller lägre och värmen kallar på full effekt, kan i princip tilluftstemperaturen bli högre.

Eftersom värmaren är fjärrvärmekopplad finns ändå en maxbegränsning för vilken tilluftstemperatur som kan åstadkommas. I det fall en elektrisk eftervärmare varit installerad bör regleringen av tilluftstemperaturen maxbegränsas om de boende kan välja ett nedreglerat luftflöde eftersom annars väsentligt högre temperaturen skulle kunna bli fallet.

4. Täthet < 0,3 l/s,m²

Tätheten ska säkra fuktskador i klimatskalet.

Täthetsprovning utförd av SP redovisar ett läckageflöde på 0,17 vid undertryck och 0,24 vid övertryck, se bilaga 2.

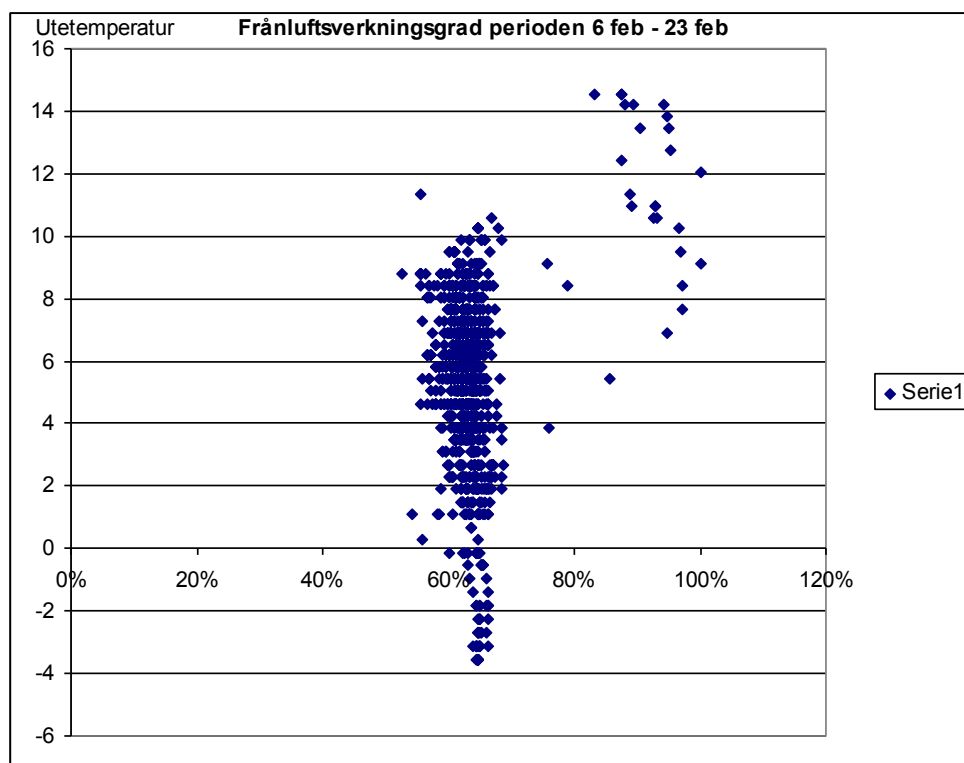
(kolla verkligen uppmätt vid 50 l/s och sen vad detta blir för Aomg.)

Bör mätas också med köksavluftskanalen otätad (dvs även läckage från backspjället ingår).

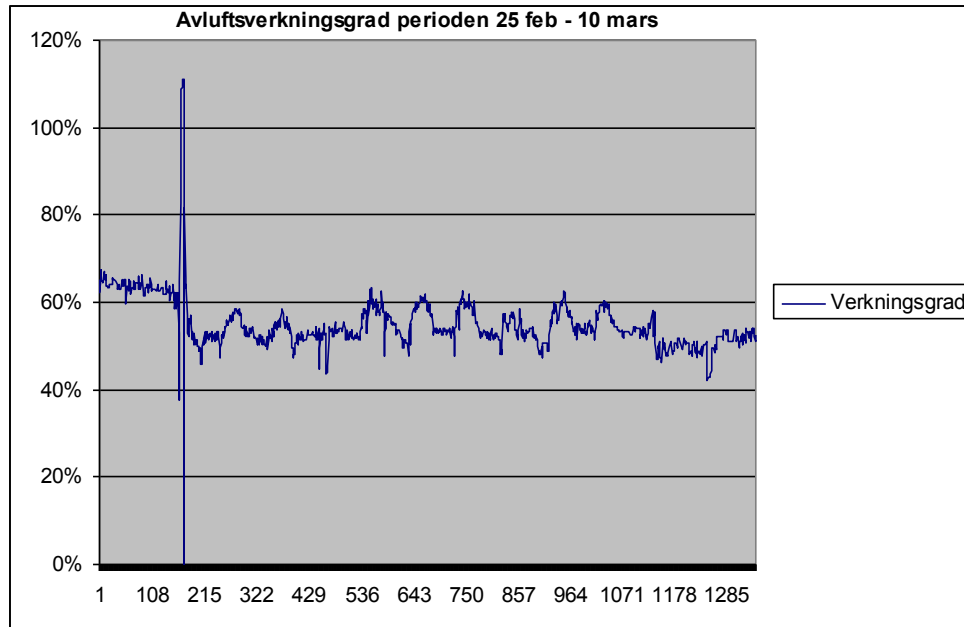
4. Verifiering av effektkravet vid DUT

4.1 Ventilationssystemets systemverkningsgrad

Ventilationssystemets systemverkningsgrad, baserat på avluftstemperaturen, har uppmätts till 63 procent under perioden 6 – 23 februari med en genomsnittlig utetemperatur på 5,5 grader. Verkningsgraden har legat stabilt på denna nivå under perioden, se figur 1.



Perioden efter, 25 februari till 10 mars sjunker verkningsgraden ytterligare, till långt under förväntat värde och med ett medelvärde på 55 procent.



Vidare ska mätningarna kompenseras för temperaturhöjningen som tilluftsfläktens motor ger. Bägge fläktmotorer drog 195 Watt tillsammans. Tilluftsfläkten är placerad för växlare vilket innebär att temperaturohöjningen reduceras med verkningsgraden för växlaren. Om vi antar att denna är 55%, så motsvarar detta en temperaturhöjning i avluften efter växlare på ca 0,5 grader, vilket ger ca 3% högre beräknad temperaturverkningsgrad, dvs i detta fall är verkningsgraden för aggregatets växlare 58 %.

Då förväntat värde på återvinningen var väsentligt högre har förklaringar på avvikelserna övervägts: mätfel på avluftstemperatur, obalans i luftflöde, läckage i förbigångsspjäll (sommardriftfall), lägre verkningsgrad på växlare.

Mätfel på avluftstemperaturen, när mätgivaren är placerad i lådan för avluft i aggregatet, uppskattades inledningsvis till +/- 0,5 grader (uppmätt skillnad som mest en grad beroende på givarens placering). En kompletterande mätning i avluftskanal i takhuv, gav en nära identisk avluftstemperatur under tre veckors tid med en avvikelse på högst 0,1 grader.

Till- och frånluftflöden kontrollmättes med spårgas och visade att dessa balanserar varandra (överensstämmer bra med injusteringsprotokollet).

Läckageflöde över växlaren kontrollerades med spårgasmätning, men något märkbart läckage kunde inte påvisas. Vid dessa momentana mätningar uppgick verkningsgraden till ca 60% (se bilaga 2).

Verkningsgraden angiven i leverantörens foldrar, 82% för detta aggregat, avser tilluftsverkningsgraden och avser växlarens verkningsgrad utan att inkludera värme från

motorer. Däremot ingår inomhusluftens fukt som återvinnes och avges till tilluften, varför avluftens verkningsgrad kan bli något lägre. I folderuppgifter anges att det valda aggregatet har 5% sämre verkningsgrad än det mindre aggregatet.

Eventuellt läckage över by-passspjället har inte studerats. Däremot har inte spjället öppnats upp under mätperioden av reglersystemet, eftersom vi då skulle fått en kraftig variation. Om ett ständigt läckage över spjället är möjligt eller inte överlåter vi åt leverantören att bedöma.

SFP har uppmätts till 2,8 kW/m³/s.

Diskussion

Mätmetodiken att fastställa frånluftsverkningsgraden motiveras delvis av att det inte går att mäta tilluftstemperaturen eftersom en mätgivare där skulle påverkas av strålningsvärme från eftervärmaren som är placerad efter växlaren. Vidare ger mätningen av avluftstemperaturen det bästa måttet på byggnadens förluster från ventilationen. Tilluften påverkas i högre utsträckning av fläktmotorernas värme och av kondensationsvärme som återvinnes.

Motivet till att konstruktören valt ett större ventilationsaggregat av en äldre modell har varit att det ska finnas utrymme för att öka ventilationsflödet ytterligare för att kunna bära hela värmeeffekten kan diskuteras. Möjligen hade det mindre aggregatet med 5% bättre verkningsgrad och som nu finns i utförande med EC-motorer varit ett bättre aggregat. Den bör kunna bära hela värmeeffekten redan vid 60 l/s vilket är ett flöde som bör kunna klaras med de tryckfall vi uppmätt i systemen och som är som mest, 110 Pa i frånluftssystemet.

4.2 Beräkning förlusteffekt

Bestämning av dimensionerande utetemperatur väljs för ort Skara för en byggnad med tidskonstant 150h. Tidskonstanten beräknas enligt SS 024310 och har i detta fall beräknats av Ulla Jansson LTH. Viktiga ingångsdata för bestämningen är att byggnaden i detta fall har en tung delkonstruktion; platta på mark.

Förekalkyl

Med givna konstruktionsdata (ritningar daterade 9 jan 2006) och antaganden om värmeåtervinningssystemets verkningsgrad är förlusteffekten vid DUT bestämd till drygt 13 W/m² vid DUT, se bilaga 3.

Med de förluster i avluften som nu uppmätts blir den förväntade förlusteffekten för byggnaden vid DUT istället 17,5 W/m².

Uppmätt effektförlust

Mätningarna har baserats på en metodik där byggnadens statiska förlust bestäms under en begränsad tidsperiod, då samtliga parametrar som påverkar energibalansen läses av före och efter mätperioden, eller mäts upp. De parametrar som beaktats i nu genomförd analys omfattar:

- Köpt energi (fjärrvärme)
- Köpt hushållsel

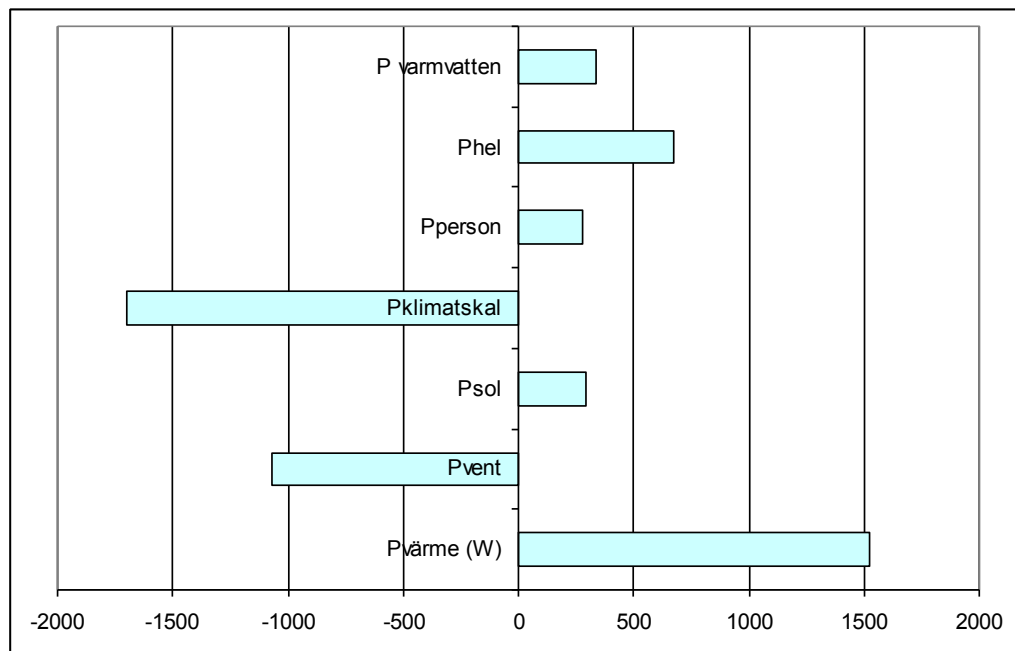
- Producerad varmvattenmängd
- Antal personer
- Utetemperatur
- Innetemperatur
- Förluster via ventilationen (flöde och avluftstemperatur)
- Förluster via ofrivillig ventilation och vid matlagning (uppskattat).
- Solinstrålning (klimatdata)

Den teoretiska beskrivningen ges i bilaga

Mätningar har gjorts för fyra olika delperioder. Exempel på energibalansens komponenter för den första mätperioden framgår av nedanstående figur.

Mätsituationen har inte varit optimal. Mätningarna kom igång sent (sen beställning), 1 februari och solljusets påverkan blir då en allt större del av balansen, med de osäkerheter som följer. Hushållsel lästes av utifrån leverantörens månadsavläsningar och varmvattenmätaren installerades mycket sent, först i mars, och varmvattenanvändningen kan därför bara uppskattas utifrån de senare mätningarna.

Vidare var detta en extremt varm period, vilket innebär att spillvärmekällorna tillsammans hamnar på samma nivå som tillförd värme via värmesystemet. Spillvärmekällorna kan vi inte mäta utan endast bestämma indirekt.



Effektbalans under mätperiod 1, med en utetemperatur på ca 0,3 grader

Varmvatten ingår egentligen inte i energibalansen, utan har antagits vara i samma storleksordning som de förluster som inkommande kallvatten ger innan det blir spillvatten. Ett antagande som tidigare analyserats inom MEBY-projektet (se rapporter på www.aton.se). I energibalansen beräknas varmvattnet för att indirekt kunna fastställa hur mycket värmeenergi

som åtgått. Metodansatsen vad avser varmvatten ger sannolikt ett visst, fel men inte allt för stort.

Mätningarna och mätanalysen redovisas mer ingående i bilaga z. I följande tabell ges en sammanställning för fyra mätperioder.

Period	v.5 (1-7 feb)	7-23 feb	25/2-3/3	3/3 - 10/3
Utetemp, m	0,3	5,6	4,6	3,1
Innetemp	20	20,2	19,8	20,3
P _{värme} (W)	1524	1047	560	733
P _{sol} (W)	500	625	833	958
Temp-verkn.grad	49%	67%	59%	57%
P _{dim}	26,0	31,4	26,6	26,3
P _{dim} klimatskal	19,6	28,0	21,9	21,1
P _{dim} vent	10,3	7,5	8,7	9,2

Temperaturverkningsgraden i tabellen avser värmeväxlaren och har korrigerats för spillvärme från fläkt. Verkningsgraden varierar och därmed också den beräknade förlusten P_{dim} vent, som avser förväntad effektförlust vid dimensionerande utetemperatur. Motsvarande beräknad förlust via klimatskalet kan dock omöjligen variera, eftersom isoleringen är statisk. Resultat från andra mätperioden har därför exkluderats. En förklaring till avvikelserna den perioden kan vara att utemperaturen loggades i tilluftskanalen i aggregatet och kan ha påverkats från aggregatet. Den första mätperioden baseras på manuella avläsningar två gånger per dygn och de sista två mätperioderna var utegivaren placerad på norrfasad.

Av tabellen framgår också att solvärmepåslaget ökat de senare perioderna, men dessa data baseras på normala klimatdata. Vi vet att perioden var mycket molnig och om de soliga dagarna sorteras bort kommer beräknad förlust via klimatskalet (P_{dim} klimatskal) sjunka istället för att öka under de senare mätperioderna.

P _{dim} klimatskal	v.5 (1-7 feb)	7-23 feb	25/2-3/3	3/3 - 10/3
Normal sol	19,2	27,4	21,4	20,6
Skuggig period	17,1	23,4	16,2	15,6

Känslighetsanalys. Skuggig solperiod jämfört med normal period

Eftersom alltså osäkerheten blir allt större med ökad solbelastning har resultatet från den första mätperioden antagits ge säkraste resultat och då utifrån soldata under en skuggig period. Denna visar att förlusterna vid dimensionerande utetemperatur (P_{dim}) med nuvarande utformning snarare ligger på nivån 24 W/m² istället för beräknade 13 W/m². Detta förklarar med att verkningsgraden är så mycket sämre och att klimatskalförlusterna förefaller vara ca 50% högre än beräknat.

Eftersom mätförhållandena var olyckliga har en felanalys också genomförts i bilaga. Enligt denna så bör resultatet för P_{dim} klimatskal ligga inom intervallet 15,0 – 19,5 W/m². Detta innebär att klimatskalets förluster sannolikt är 18 - 54 % sämre än kalkylerat. I bilagan lämnas olika förklaringar till den kvarvarande avvikelserna från det teoretiska värdet (t.ex större

köldbryggor). Kalkylen baseras också på helt andra area-angivelser (innermåttberäknat) och möjligen var de teoretiska U-värden som lämnats som indata baserat på yttermått areor.

Dessa förklaringar påverkar dock inte att förlusterna uppmätts till nu angivna nivåer. Det innebär också att om ett högpresterande återvinningsaggregat var installerat och fungerade som tänkt hade förlusterna ändå varit minst 15 W/m² vid dimensionerande utetemperatur.

Förväntad energiåtgång vid utbyte av ventilationsaggregatet blir dock låg (solexponerat läge) med mindre än 50 kWh/m² för värme, varmvatten och driftel, men med nuvarande aggregat ökar förlusterna med ca 15 kWh/m².

4.3 Metoddiskussion

Mätningarna genomfördes under ogynnsamma mätförutsättningar med höga utemperaturer och de senare mätperioderna medför stor solbelastning. Resultaten indikerar ändå att förlusterna från klimatskalet är väl höga och visar tydligt att ventilationsaggregatet presterar dåligt.

Att använda denna metodik för att slå fast att felaktigheter föreligger i klimatskalets prestanda är ännu inte visat och nuvarande mätinsats hade allt för ogynnsamma förutsättningar. En kompletterande mätning under nästa vinter (nov – jan) om någon kall vintervecka uppstår kan därför rekommenderas.

En parallell mätning med spårgas av typ Pentiaq-ampuller som utplaceras i bostaden under en mätperiod har också testats i detta projekt. Dessa visar luftomsättning i olika rum och en uppskattning av byggnadens totala luftutbyte genom att mäta luftens lokala medelålder. Dessa resultat indikerade ett lägre luftflöde än vad som uppmätts (med två olika metoder) och kan sannolikt förklaras med en avvikande luftutbyteseffektivitet. Denna metod kan inte rekommenderas med nuvarande utformning. En variant där såväl den gasavgivande och gasdetekterande ampullen placeras i aggregatet (tilluftslöde respektive frånluftslöde) skulle möjligen vara ett säkrare sätt att mäta luftomsättningen, men kommer även då inkludera ofrivillig ventilation, köksfläkt och vädring och kan alltså bara fungera som ett komplement till mätning av aggregatflöde.

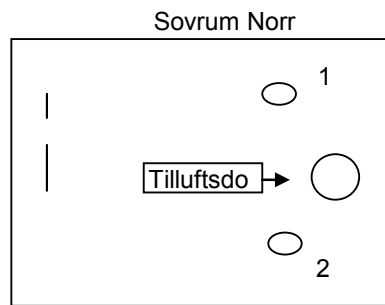
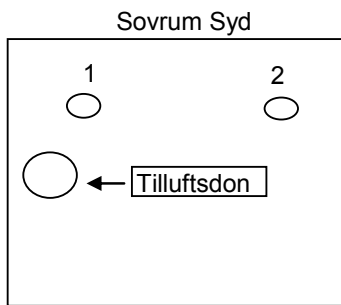
Bilaga 1. Ljudmätning sovrum

Ljudmätning Malmborg (Bruel&Kjaer 2215)

2008-02-25

Utrymme	Driftläge	Mätpkt	dBA/Hz			dBC/Hz		
			16000	2000	31,5	16000	2000	31,5
Övre plan								
Sovrum Norr	Lågfart	1	24	24	24			
		2	25	25	25			
	Mellan	1	28	28	28	51	51	51
		2	29	29	29	53	53	53
	Högfart	1	38	38	38			
		2	37	37	37			
Sovrum Syd	Mellan	1	34	34	34			
		2	35	35	35			

Mätpunkter 1,2 m över golv



Bilaga 2. Mätning av prestanda för luftbehandlingsaggregat i "Villa Malmborg", Lidköping

Luftflöden, temperaturer, eleffekt och tryckfall för luftbehandlingsaggregat på Vagnbodsgatan. 14 i Lidköping har uppmätts 2008-04-09 som underlag för bedömning av aggregatets energiprestanda.

Temperaturen utomhus var ca + 7 C° och vindhastigheten understeg 5 m/s. Luftflöden har mätts med spårgasteknik enligt metod A3 BFR T32:1987 baserat på lufttemperatur +20 °C och lufttrycket 1013 mb. Som spårgas har N₂O (lustgas) använts. Doseringen har gjorts med hjälp av massflödesgivare (Brooks Instrument 5851S) och analys av gasblandning med MIRAN 203. Aktiv effekt till fläktar har mätts med instrument EMU 1.44 (stickpropps utförande) och statiska tryck med Whöler GMBH DM10. Temperaturer har loggats under en tvåveckorsperiod och kontrollmätts momentant med Quartz instrument digi-thermo 10. Förutom dessa mätningar har läckage mellan från- och tilluft uppmätts med hjälp av spårgas.

Resultat

Luftflöden uppmättes till 64 l/s tilluft och 68 l/s frånluft +/- 10 % vilket överensstämmer med projekterade värden och mätvärden från utförd injustering 2007-04-24. Spårgasflödet för denna typ av mätning ligger något utanför massflödesgivarens kalibrerade område, vilket påverkar osäkerheten i mätningen men mätresultatet bedöms ligga inom felmarginalen 10 %.

Luftflöden

	Dosering	analys	Luftflöde
	l/m	PPM	l/s
Frånluft	0,8	200	66,8
Uteluft	0,8	210	63,6

Aktiv effekt uppmättes till 195 W +/- 5 W vid ovanstående luftflöden. Externa statiska tryckfall varierade mellan 12 och 70 Pascal.

Temperaturen utomhus uppgick till + 6,9 C° ute, frånluftstemperaturen var 21,1 C° av avluftstemperaturen 12,6 C°. Avluftstemperaturen mättes momentant direkt efter aggregatet och i huv på tak för att bedöma kvaliteten på loggade temperaturen där givaren placerats i direkt anslutning till aggregat. Avvikelsen mellan mätpunkterna understeg 0,5 C°.

För att kontrollera eventuellt läckage mellan från och tilluft doserades spårgas i frånluft samtidigt som analys av gasblandningen utfördes i tilluften. Viss överföring indikerades men understeg 2-3 %.

Prestanda

Resultaten visar att SFP värdet uppgår till ca 2,8 kW/m³/s och temperatur verkningsgraden 63% efter korrigering för motorvärme.

Bilaga 3. Effektanalys baserat på projekteringsdata

Effektbehov - värme, för energieffektiva byggn

Byggnad: **Villa Malmberg**

Ort: **Lidköping**
 Namn på den som ansvarat för kalkylen: _____

Inmatn. effektkalkyl
 Utdata resultat
 Ej åtkomligt för ändring

Klimatdata dimensionerande
 Klimatdata för ort: **Skara**
 Dimensionerande utetemperatur: -14,4 (°C)
 Marktemperatur, dimensionerande: 4,8 (°C)
 Rumtemperatur: 20 (°C)

Avser lätt byggnad med FTX-system

Byggnadstyp
 I inmatningsrutan läggs t.ex. en rullgard
 Lätt ger värde xxxx i resultatruta, 2, yyy

Uppvärmad area Atemp: **174** m² ?

Klimatskal

	Area	U-värde	Temp. diff.	PT
--	------	---------	-------------	----

Byggnadsdel	m ²	W/(m ² K)	K	Watt
1. Yttervägg	151,5	0,090	34,4	= 469
2. Ytterdörr	4,6	1,000	34,4	= 158
3. Tak mot uteluft	98,7	0,070	34,4	= 238
4. Golv mot mark	102,0	0,082	15,2	= 127
5. Vägg mot mark	0,0	0,000	15,2	= 0
6. Köldbryggor	1,0	7,785	34,4	= 268
8. Fönster	26,9	0,850	34,4	= 787
9. Glasade altandörrar	4,6	1,000	34,4	= 158
10. Terasstak	0,0	0,000	34,4	= 0
11.	0,0	0,000	34,4	= 0
12.	0,0	0,000	34,4	= 0
Aom	389,3	m ²	Summa	2204 Watt

12%
Luftläck:

Transmissionsförluster

Köldbryggor

	Längd L	Ψ	L*Ψ
	m	W/(mK)	W/K
1 Bottenbjälkslag	40	0,05	2
2 Fönster och dörrar	81	0,05	4
3 Mellanbjälkslag	35	0,05	2
4 Balkonginfästningar	0	0,3	0
5			0
6			0
Summa			8

Fönster och glasade dörrar

	Syd	Väst	Norr	Öst	Summa
Fönsterarea brutto (m2)	9,7	5,1	2,7	9,4	26,9
Glasade dörrar (m2)	2,3	0	0	2,3	4,6
Fönsterandel (inkl dörr)					18%

Ventilationsdata dimensionerande

Genomsnittligt frånluftsflöde (Vex)	70	l/s
vindskyddskoefficient, e	0,07	Se tabell 1
vindskyddskoefficient, f	15	Se tabell 1
luftflöde q50/Aom vid provtryckning	0,2	l/s,m2

Värmeåtervinningsdata dimensionerande, placerad inom klimatskal

Tilluftsflöde	100%	(% av Vex)	
värmväxlarens återvinningsgrad, η_{eff}	82%	%	tempverkningsgrad vid balanserat flöde
värmekonduktivitet uteluftkanal, Ψ	0,25	W/(mK)	Värde se tabell
Längd uteluftkanal	0,5	m	
värmekonduktivitet avluftkanal, Ψ	0,25	W/(mK)	Värde se tabell
Längd av luftkanal	3	m	
Avfrostningstid vid DUT	0	(minuter per timme)	
Jordvärmväxlarens återvinningsgrad	0%	η_{eff}	10,56

Resultat effekt

Infiltration	5	l/s	$V_x = q50 \cdot e / (1 + f/e \cdot ((V_{sup} - V_{ex}) / (q50)))$
Systemverkningsgrad	81%	η_{eff}	
Värmväxlat luftflöde	70	l/s	
Oväxlat luftflöde	0	l/s	
Summa förlustflöden Vf	19	l/s	
Effektbehov ventilation	$V_f \cdot Dt \cdot 1,2$		767 Watt
FVP-effekt			1570

Värmetillskott - Internlast PI

4,0	W/m ²	174	-696 Watt
-----	------------------	-----	------------------

Värmeeffektbehov PH

2275

Specifikt värmeeffektbehov (PH / Atemp)
13,1 Watt/m²

Bilaga 4 Beräkningsmetodik

Beräkningsdata - småhus

Indata verifikationsmodell	1	2
Mätperiod, datum:	-	-
Antal timmar (h)		
Utetemperatur, medelvärde perioden		
Solenergi klimatdata (kW)		
Antal personer		
Innetemperatur, medelvärde		
Tillförd värme, P _{värme} (kW)		
Hushållsel, (kW)		
Varmvatten, Q _{vv} (liter/s)		
Varmvattentemperatur, T _{vv} (°C)		
Kallvattentemperatur, T _{kv} (°C)		
Frånluftsflöde, Q _{vent} (l/s)		
Avluftstemperatur, T _{avluft} (°C)		
Eleffekt till fläktar och pumpar (W)		

$$P_{temp} = \frac{P_{sol} + P_{person} + P_{EL} + P_{värme}}{(T_{inne} - T_{ute}) \times A_{temp}}$$

P_{EL} är summan av den eleffekt från hushåll och fastighetsdrift som ger spillvärme.

$P_{vv} + P_{\text{värme}}$ mäts i många fall med en gemensam mätare och då är

$$P_{\text{värme}} = P_{\text{köpt}} - P_{vv}$$

där $P_{vv} = Q_{vv} \times (T_{vv} - T_{kv}) \times 1,16 \text{ (W)}$

Därefter kan P_{dim} beräknas. Om P_{dim} är högre än fastställt krav, så kan det vara intressant att veta vilka förluster som avviker, vem ska ställas ansvarig?

$$P_{\text{värme}} = P_{\text{vent}} + P_{\text{klimatskal}} + P_{\text{vädring}} + P_{\text{förlust}}$$

$P_{\text{förlust}}$ är beroende av produktionssystemet, men all spillvärme inom klimatskalet kan antas komma byggnaden tillgodo under den kallaste perioden och kan då försummas.

$P_{\text{vädring}}$ hålls i småhus enklast på nollnivå under effektmätningensperioden genom instruktioner.

I flerbostadshus används enkätsvar för beräkning av vädringsflödet. Om separat fläkt för spiskåpan, behöver även det flödet uppskattas, liksom användningstiden.

P_{vent} beräknas enligt:

$$P_{\text{vent}} = Q_{\text{vent}} \times (T_{\text{inne}} - T_{\text{avluft}}) \times 1,2$$

Därefter kan alltså förlusterna via klimatskalet $P_{\text{klimatskal}}$ beräknas som en restpost och inkluderar då också läckageflöde. Efter avdrag från uppskattat läckageflöde kan klimatskalets förlustfaktor beräknas och jämföras med utlovat värde enligt:

$$\text{Förlustfaktor klimatskal} = P_{\text{klimatskal}} / (T_{\text{inne}} - T_{\text{avluft}})$$

I det fall Q_{vent} uppmätts via en kontinuerlig spårgasmätning (Pentiaqmetoden) inkluderar den även vädringsförlusterna och läckageflödet.

Bilaga 5. Mätdataanalys- effektkalkylen

Mätningar genomfördes perioden 1 feb – 10 mars, uppdelat på fyra olika delperioder. Den första periodens mätdata avser manuella avläsningar för inne- och utetemperatur (ca 2 avläsningar per dygn). Övriga tre perioder med loggers för temperaturdata.

Hushållsel har uppmätts månadsvis via leverantör.

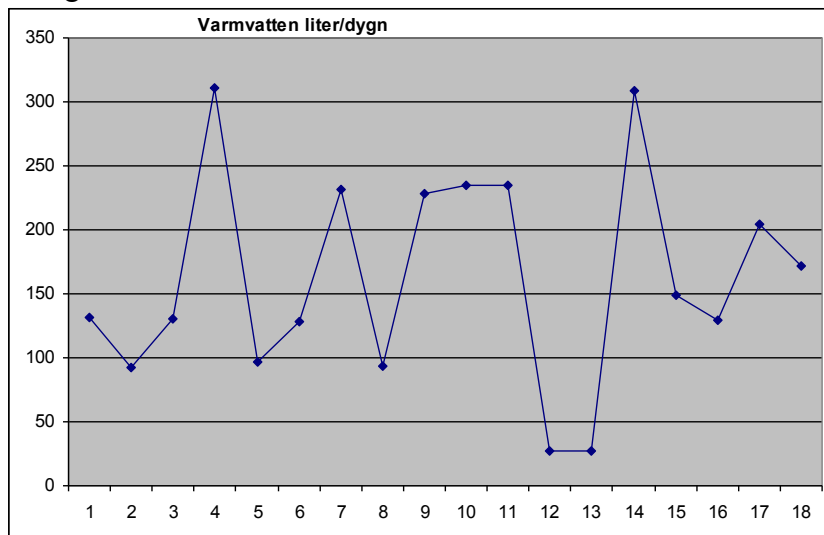
Användningen ligger på en jämn nivå, 21,6 kWh utom i den mörkaste perioden december och januari månad som ligger högre och inte ingår i medelvärdesbildningen.

<u>HEL</u>	<u>kWh/dygn</u>
okt, nov	21,6
Dec	25,1
Jan	22,9
Feb	21,7
Medel okt, nov , feb	21,6

Denna elanvändning har antagits vara representativ för hela perioden. Efter avdrag för utebelysning, ca 54 Watt, så erhålls en elanvändningsnivå på 847 Watt. Av detta har 80% antagits bli nyttig spillvärme i energibalansen.

Varmvatten

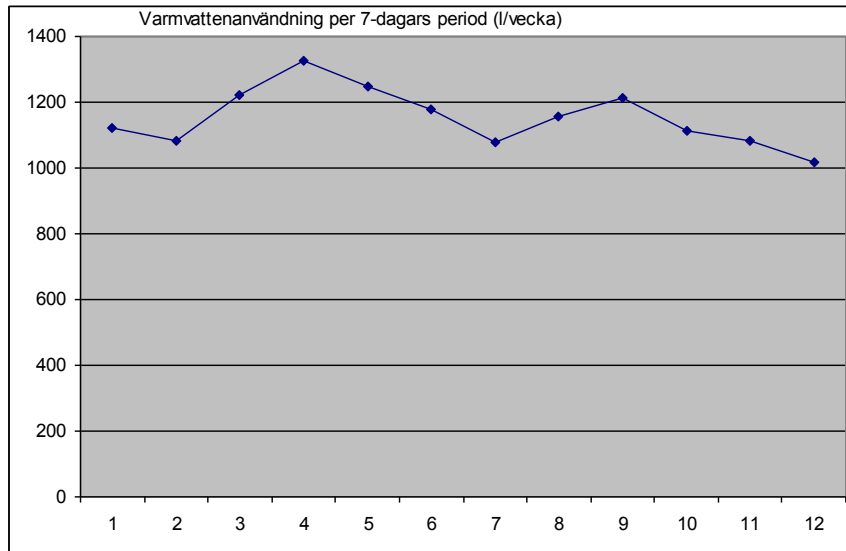
Varmvattenmätaren installerades först den 5 mars. Varmvattenanvändningen varierar mellan olika dagar, se figur 1. Men ackumulerad varmvattenanvändning per 7 dygns period är relativt konstant (se figur 2, som visar ett glidande 7 dagars värde). Samma värde för varmvattenanvändning, 164 l/dygn har därför använts för alla perioder, dvs även perioderna då ingen mätare fanns installerad och med ett bedömt felintervall på +/- 10%.



Figur 1. Avläst varmvattenanvändning under en mätperiod efter den 5 mars.

Då variationerna från dag till dag varierar med +/- 50% så uppstår ett visst fel när ett schablonvärde används för en kortare mätperiod. Variationerna för glidande 7-dagars mätperiod framgår av följande bild och indikerar ett mätvärdesfel på ca +/- 10% när ett

schablonvärde används, istället för exakt avläsning (vilket inte kunde göras eftersom mätaren installerades så sent).



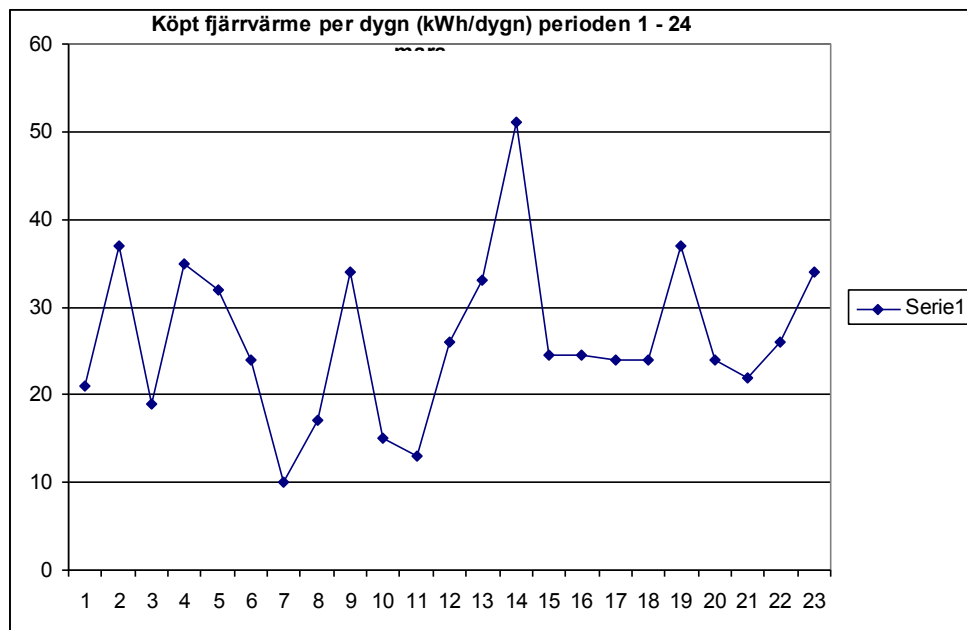
Figur 2. Varmvattenanvändning, avlästa värden med glidande 7- dagars värde

Vattentemperaturen mättes momentant vid kran vid ett tillfälle till 8 grader kallvatten och 50 grader för varmvatten. Normalt installeras en blandningsventil efter varmvattenberedare vilket skulle kunna innebära att utgående varmvatten före blandning håller en högre temperatur än vad som mäts vid kran. Eftersom i detta fall en villacentral för fjärrvärme installerats och i dessa finns ingen blandningsventil (enligt fjärrvärmeverket) bör mätningen bli korrekt.

Köpt värme

Köpt värme har avlästs i undercentralen manuellt. Denna avläsning kan ha utförts vid olika tidpunkter. Om en tidsförskjutning på 12 timmar sker på en 7 dygnsperiod uppstår ett fel på 7%, men kommer kompenseras av motsvarande fel för nästa tidsperiod. Däremot blir skillnaden mellan efterföljande dagar stort.

Variationen enligt följande figur beror också på att varmvattenanvändningen varierar från dag till dag.



Solenergi

Solenergianalysen är dels beroende på antaganden kring verkliga fönsterförhållanden, och dels aktuella solinstrålningsdata. I kalkylen har använts följande indata:

Fönster och glasade dörrar

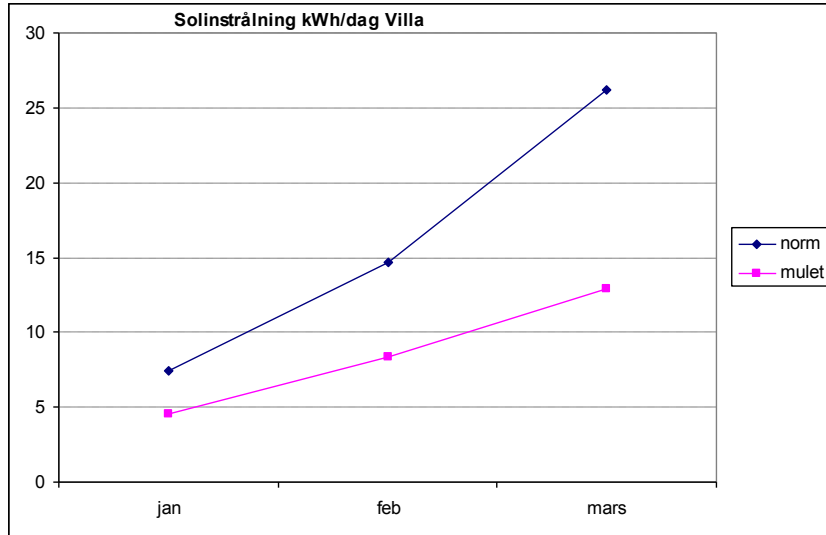
	Syd	Väst	Norr	Öst
Fönsterarea brutto (m2)	9,7	5,1	2,7	9,4
Glasandel fönster	0,8	0,8	0,8	0,8
Skuggfaktor (yttre)	0,9	0,9	0,9	0,3
Glasade dörrar (m2)	2,3	0	0	2,3
Glasandel dörrar	0,8	0,8	0,8	0,8
Skuggfaktor (yttre)	0,8	0	0	0,8
Horisontalvinkel (grader)	5	5	5	5
Glasrutans G-värde fönster	0,5			
Glasrutans G-värde dörr	0,5			
Aktiv solavskärn.	1,00			

Antagandet om skuggfaktor 0,3 mot öster motiveras av att denna har en inglasad terrass på nedervåningen och att solvärmen från denna inte kommer huset tillgodo genom att värmen stannar utanför klimatskalet.

Uppgifter om glasens G-värde har inte kontrollerats, kan t.ex. vara 0,35 om Elit-fönster valts. Uppskattningsvis blir felet i gjorda antaganden om infallande solinstrålning utifrån fysikaliska data +/- 20% med avseende på solinstrålningsenergin. Någon noggrann analys av horisontalvinkeln har inte heller utförts, men byggnaden ligger mycket öppet placerat mot syd och öster, varför antagandet om 5 grader verkar rimlig och ger ett fel på ca +/- 4% på solinstrålningsenergin, se nedanstående tabell.

Horisontalvinkel	Jan	Feb	Mar
Noll grader	257	446	813
Fem grader	229	410	813

Solinstrålningen påverkas mycket av verkliga data under perioden, dvs antal klara dagar, halvskuggiga, respektive helskuggiga. Skillnad i solinstrålningsenergi till denna byggnad beroende på normala årsdata eller helskuggig period framgår av följande figur.

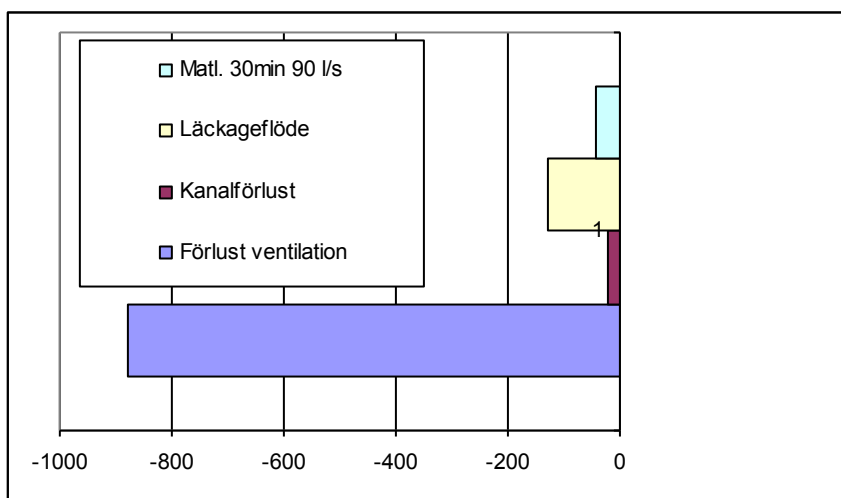


För den preliminära analysen används normaldata och skuggad period för känslighetsanalysen. Data för solenergi finns inte för den aktuella perioden.

Under perioden 15 till 23 feb observerades ökade yttemperatur på fönstrets innetemperatur, dvs viss solinstrålning under 3 dagar. Om detta motsvarar helsoligt eller halvsoligt vet vi dock inte. I klimatfilen för normal månad anges 3 helsoliga och 6 halvsoliga dagar för hela månaden, dvs verkligt utfall ligger sannolikt någonstans inom intervallet helmulet till halvmulet i figuren ovan.

Ventilationsförluster

Förlusterna från ventilationssystemet har uppmätts genom temperaturmätning av avluft, utetemperatur och innetemperatur (båda våningsplanen). Utöver dessa förluster finns även förluster i kanalerna (efter mätpunkten), från spiskåpan och i kalkylerad ofrivillig ventilation.



Ventilationsflödet vid matlagning och tid för forcering har enbart uppskattats.

Resultatsammanställning

Av följande resultatsammanställning framgår att den totala förlusten vid dimensionerande utetemperatur hamnar på ca dubbla nivån jämfört med förväntad nivå (13.1 Watt/m²).

Period	v.5 (1-7 feb)	7-23 feb	25/2-3/3	3/3 - 10/3
Antal timmar	127,5	384	168	168
Utetemp, m	0,34	5,55	4,63	3,06
Innetemp	20	20,23	19,8	20,34
Avluft.temp	10,28	10,42	10,81	10,56
Luffflöde l/s	70	70	70	70
Antal pers	4	4	4	4
HEL (kWh)	108	325	142	142
V +VV (kWh)	237	530	150	179
m ³ VV	0,88	2,6	1,1	1,1
KV temp	8	8	8	8
VV temp	50	50	50	50
El fläkt (kWh)				
Pvärme (W)	1524	1047	560	733
Pvent	1028	554	669	800
Psol	500	625	833	958
Pklimatskal	1953	2076	1682	1848
Pdim	26,0	31,4	26,6	26,30
Pdim klimatskal	19,6	28,0	21,9	21,1
Temp-verkngrad	49%	67%	59%	57%
Pdim vent	10,3	7,5	8,7	9,2

Ventilationsförlusterna har ökat påtagligt pga den sämre verkningsgraden. Denna varierar mellan olika perioder. Klimatskalets förluster kan däremot inte variera när det omräknats till dimensionerande utetemperatur. Tre av de uppmätta perioderna ger likartad resultatnivå, medan period två avviker på ett oförklarligt sätt och bör därför uteslutas som resultat.

Jämförelsen med förväntade förluster framgår tydligare ur följande tabell:

	Kalkyl	Watt/m ²			
Köpt Fjv		10,7	7,9	5,1	6,1
Varmvatten	-2	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Personvärme	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Solvärme		2,9	3,6	4,8	5,5
Spillvärme HEL	2,5	3,9	3,9	3,9	3,9
Tillförd värmeeffekt		17,1	15,0	13,4	15,2

Av tabellsammanställningen framgår att spillvärmeeffekterna ligger på samma nivå eller är högre än köpt energi, vilket självklart ger stora osäkerheter i kalkylen.

Känslighetsanalys 1. Skuggig solperiod jämfört med normal period

P_{dim} klimatskal	v.5 (1-7 feb)	7-23 feb	25/2-3/3	3/3 - 10/3
Normal sol	19,2	27,4	21,4	20,6
Skuggig period	17,1	23,4	16,2	15,6

Denna känslighetsanalys visar hur osäkert resultatet blir under de senare perioderna om inte full kontroll finns på solenergiinstrålningen. Att förlusterna sjunker med antagandet om fullständig skugga, beror sannolikt på att viss solinstrålning förekommit under de senare perioderna och får allt större betydelse.

Eftersom vi minns att detta var en relativt molnig väderlekssituation kan klimatskalets förluster uppskattas till intervallet 17 – 18 W/m² Atemp, eller ca 35% högre än förväntad förlust.

Men osäkerheten är även stor på antaganden om skuggningseffekter, fönstrens G-värde mm ju senare på året mätningen sker. Om t.ex. fönstren har ett G-värde på 0,35 istället för 0,5 sjunker effektförlusterna för klimatskalet till 16,4 W för mätperioden i v 5 och än mer i de senare perioderna.

Felanalys.

I analysen utgör en skuggig period för den första mätperioden en utgångspunkt och resultaten anges som klimatskalets förluster vid dimensionerande utetemperatur.

Referens: 17,1 W/m².

Parameter	Felintervall	Påverkan (P_{dim} klimatskal, W/m ²)
Innetemperatur:	+/- 0,5 grader	+/- 0,4
Utetemperatur	+/- 0,5 grader	+/- 0,9
Avlufttemperatur	+/- 0,5 grader	+/- 0,4
Luftflöde, kanal	+/- 7 l/s	+/- 0,9
Läckageflöde	+/- 50%	+/- 0,4
Läckageflöde	+/- 50%	+/- 0,15
Hushållsel (HEL)	+/- 5%	+/- 0,3
Spillvärmeandel HEL	+/- 10%	+/- 0,6
Varmvattenvolym	+/- 10%	+/- 0,3
Varmvattentemperatur	+/- 5 grader	+/- 0,4
Avläst köpt värme	+/- 5%	+/- 0,9
Solinstrålning fysisk	+/- 20%	+/- 0,6
Solinstrålning horisont.	+/- 4%	+/- 0,1
Solinstrålning klimat	+ 50%	+ 1,1
Varmvattenvolym	+/- 10%	+/- 0,3
Personvärme	+/- 20%	+/- 0,6

Samtliga parametrar antas vara oberoende av varandra. Därmed beräknas osäkerheten till roten ut summan av kvadraten på samtliga felmöjligheter.

Som resultat erhålls att förlusterna via klimatskalet kan variera mellan : 15,0 – 19,5 W/m². Detta innebär att klimatskalets förluster sannolikt är 18 - 54 % sämre än kalkylerat. T.ex kanske antagna Psi-värden för köldbryggor är 0,1 W/m²K istället för 0,05, vilket genast ökar klimatskalets förluster med ytterligare 12%. Köldbryggornas andel (24%) blir då

anmärkningsvärt hög. Möjligen innehåller väggarnas konstruktioner större köldbryggor än vad som inkluderats i angivna U-värden för väggarna.

Ett annat förklaringsalternativ skulle vara om fönstren har 50% sämre U-värde än vad som angivits, men är en ren spekulatio

De uppgifter på väggareor, mm och U-värden som lämnats har reviderats i kalkylen vad avser areorna utifrån lämnat ritningsunderlag. I kalkylen används totalt 22% mindre omslutande area än vad som lämnats av leverantören. Det kan förklaras om de lämnade uppgifterna avser yttermått, medan nu genomförda kalkyl utgått från insidans areor (vilket är brukligt).

Sätts de större areorna in kommer förlusterna i klimatskalet upp till 13,8 W/m² och i kombination med köldbryggor på 0,09 W/m²K kommer vi upp till den lägsta nivån inom felintervallet.