

# Rekorderlig Renovering

Projekt nr 2012:13 – xx

Demonstrationsprojekt för energieffektivisering i  
befintliga flerbostadshus

Slutrapport för  
Brf Klubbåsen  
Klubbacken 25



Förstudien utarbetad av  
Reine Holt, Projektengagemang  
Per Levin, Projektengagemang  
september 2013

Ettapp 2 Brf utförde i ”egen regi”  
dock utfördes en kort uppföljning av  
Per Kempe Projektengagemang  
Februari 2015

Ettapp 3 Verifiering samt  
utvärdering av potential återladdning borrhål utarbetad av  
Per Kempe, Projektengagemang  
Granskad: Minna Glemme Lundvall, ÅF  
Oktober 2017; Reviderad januari 2018

## Innehåll

1	Förord	4
2	Sammanfattning	5
3	Inledning	7
	3.1 Syfte och Mål	7
	3.2 Metod	7
Ettapp 1		9
5	Objektsbeskrivning	9
	5.1 Beskrivning av byggnaden	10
	5.2 Byggnadsteknik	11
	5.3 Installationsteknik	11
	5.4 Uppmätt energianvändning	12
	5.5 Luftläckning	12
	5.6 Termografering	13
	5.7 Luftflöden i ventilationssystemet	13
	5.8 Inneklimat och boendeenkät	13
6	Energiberäkning för byggnadens nuläge	14
7	Planerade åtgärder	16
	7.1 Följande åtgärder har undersökts	16
	7.2 Fuktanalys	16
8	Energiberäkningar av planerade åtgärder	17
9	Kostnadsbedömningar	20
	9.1 Lönsamhetskalkyler	20
	9.2 Kalkylförutsättningar för investeringar	20
10	Ekonomisk analys	25
11	Resultat från förstudien	25
12	Genomförande och uppföljning	26
Ettapp 2		27
13	Genomförande av åtgärderna	27
	13.1 Projektets nuläge feb 2015	27
	13.2 Problemställning	28
	13.3 Genomförande	28
	13.4 Resultat	29
	13.5 Energianvändning före åtgärder	33
	13.6 Energianvändning efter åtgärder,	34
	13.7 Fortsättning	38
	13.8 Utlysning för mätning och uppföljning	38
	13.9 Fortsatt uppföljning	38
Ettapp 3		39
14	Mätresultat	39
	14.1 Värmeanvändningen	40
	14.2 Elanvändningen	40
	14.3 Mervärden	41
	14.4 Ekonomiskt utfall	41
	14.5 Lönsamhet	41
	14.6 Inneklimat	44
15	Slutsatser	45

Bilagor	48
16 Bilaga 1 – Beräkningsindata Nuläge	48
17 Bilaga 2 – Beräkningsindata Referensfall	49
18 Bilaga 3 – Beräkningsindata Inesteringsalternativ	50
19 Bilaga 4 – Diagram BeBo Lönsamhetskalkyl	51
20 Bilaga 5 – Bilder	52
21 Bilaga 6 – Ifylld checklista	54
22 Bilaga 7 – Termografi & Täthetsprovning	64
22.1 Metod	65
22.2 Resultat från tryckprovning	65
22.3 Termografering	66
23 Bilaga 8 Utvärdering potential återladdning borrhål	68
23.1 Sammanfattning	68
23.2 Syfte och Mål	68
23.3 Värmepumpens funktion	69
23.4 Objektsbeskrivning	70
23.5 Mätning av temperaturer kring värmepumpen	73
23.6 Hur kan borrhålen återladdas	78
23.7 Vad innebär det när det fryser i borrhålen	79
24 Bilaga 9 Utvärdering av brf energianvändning	80
25 Bilaga 10 Utvärdering lägenhetstemperaturer	84
26 Bilaga 11 Kompletterande redovisning temperaturloggningar borrhål och värmesystem	87
27 Bilaga 12 Prestanda diagram för IVT Greenline D43	89
28 Bilaga 13 Värmepumpsdimensionering 2014	90
29 Bilaga 14 Teori radiatorers värmeavgivning	92

## 1 Förord

Energianvändningen i bebyggelsen måste minskas för att minska dess negativa miljöpåverkan. Behovet av köpt energi ska halveras till år 2050 i förhållande till 1995. Energimyndigheten har i uppdrag att driva på energieffektiviseringen i bostadssektorn. Av erfarenhet vet man att demonstrationsprojekt är en verkningsfull metod för att sprida goda idéer och få fler att våga gå i samma spår.

Beställargruppen bostäder, BeBo, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och fastighetsägare/förvaltare av flerbostadshus. BeBo har varit verksam sedan 1989 och driver idag olika utvecklingsprojekt med inriktning på energieffektivitet och miljö. Huvudinriktningen är att minska beroendet av energi i form av värme och el i flerbostadshus, samt att därmed minska påverkan på miljön.

Bebo har tagit fram metoden Rekorderlig Renovering, som ger fastighetsägaren ett metodiskt tillvägagångssätt för att åstadkomma energieffektiviserande renovering som ger bästa möjliga utfall på inomhusmiljö, energianvändning och kunskapsuppbyggnad.

Metoden Rekorderlig Renovering är baserad på genomförda demonstrationsprojekt med målet att i renoveringen åstadkomma en halvering av energianvändningen. Konceptet går ut på att sätta samman ett åtgärds paket som halverar energianvändningen vid renovering av fastigheten. För att klara detta är det nödvändigt att ta ett helhetsgrepp och hitta en kombination av energibesparande åtgärder där de mest kostnadseffektiva åtgärderna kan vara med och betala för åtgärder som kanske inte skulle ha valts som en enskild åtgärd. Totalt sett ska dock hela åtgärds paketet vid ombyggnaden vara så kostnadseffektivt att det uppfyller rimliga lönsamhetskrav.

Det övergripande målet med Rekorderlig Renovering är att främja utvecklingen av energismarta renoveringar i flerbostadshus, som kan minska energianvändningen med 50 procent, och på så sätt bidra till Sveriges minskade energianvändning fram till 2020 och 2050.

## 2 Sammanfattning

### Etapp 1 - Förstudie

- Kort bakgrund  
Brf Klubbåsens byggnad på Klubbacken 25 är uppförd på en bergsluttning i Hägersten, vid Mälaren söder om Stockholm. Byggnaden uppfördes 1944 som punkthus och består av 5 våningar inkl. 23 lägenheter, 1 tvättstuga, källare och vind med förråd med en total uppvärmd yta på ca 1400 kvm.  
Följande åtgärder hade genomförts innan förstudien:
  - Värmesystemet uppdaterades på 90-talet med fjärrvärme och termostatventiler.
  - Nytt vatten och avloppssystem installerades runt -96
  - Hisskorgen renoverades och hissmotorn byttes 2008
  - Utetemperaturkompenserad frånluftsfläkt installerades 2010.
- Underhållsbehov  
Man har behov av att förbättra inneklimatet (drag och låga yttemperaturer) då fönster och balkongdörrar är otäta och vid slagregn har vatten trängt in på några ställen. Fuktpåverkan på golv och vid fönsterbänk upptäcktes vid platsbesök under förstudien.
- Rekommenderade åtgärder/åtgärds paket  
Bergvärmepump har den största energibesparingspotentialen om temperaturnivåerna i värmesystemet inte är för höga (max 55 °C framledning och 45 °C returtemperatur). Många äldre byggnader har en maximal framledningstemperatur på 65 - 70 °C, vilket är för högt för en värmepump. Temperaturnivån sänks med minskat värmeeffektbehovet för lägenheterna, där tilläggsisolering av fasad och energieffektiva fönster är två vanliga åtgärder. Energieffektiva fönster bidrar även till bättre komfort inomhus med högre yttemperaturer och minskat drag.

### Etapp 2 - Genomförande

- Brf valde att genomföra del av föreslagna åtgärderna i förstudien. Brf valde att inte tilläggsisolera fasaden utan att montera elementfläktar för att sänka radiatorns temperaturnivå, för given värmeavgivning och att montera isolerruta i stället för att byta fönster. Åtgärderna enligt nedan kostade 1 300 000 kr.

Montering av isoleringsglas invändigt på fönstrens innerbåge kompletterat med nya icke helt stängningsbara ventiler samt tätning mellan karm och vägg	Nov 2013
Övriga tätningsarbeten	Mar 2014
Bergvärmepump	Maj 2014
Elementfläktar och digitala termostater, för att ge bättre förutsättningar för bergvärmepump.	Feb 2015

- Brf har fortsatt sitt energiarbete och installerade hösten 2015, 253 kvm solceller med 40 kWp och en beräknad årsenergiproduktion på 32000 kWh. Solcellerna är monterade på taket i öst/västlig riktning.

### Etapp 3 - Uppföljning

#### Energianvändning:

- Värmen använder 52120 kWh el till värmepumpen samt 8784 kWh till elpannan. Det ger att 85 % av elenergin för uppvärmning används av värmepumpen.
- Värmepumpens elenergianvändning för varmvattnet är 26474 kWh, vilket är dubbelt så stort som normal varmvattenanvändningen enligt BEN (Boverket).
- Hyresgästelen var 58246 kWh vilket är 21 % högre än innan energirenoveringen och 30 % högre än normalanvändning enligt BEN.
- Solcellernas elproduktion var 31000 kWh motsvarar 22 kWh/kvm,år på den uppvärmda ytan i byggnaden. Vid kontroll vad solcellselen kan täcka timme för timme till byggnadsenergin blev det 9700 kWh motsvarande 7 kWh/kvm,år.
- 8923 kWh av solelen kan inte användas i byggnaden och exporteras.

#### Värmesystemstemperaturer

- När det är kallt ute är det normalt ett temperaturfall på 10 - 15 °C i värmesystem. Värmesystemet i brf Klubbåsen har 3-5 °C, vilket ger ca tre ggr så stort flöde i värmesystemet. Detta innebär större risk att boende störs av installationsljud.
- Innan elementfläktar används i någon större utsträckning behöver bättre data för dimensionering och ljuddata i kombination med olika radiatorer. Exempelvis om radiatortemperaturen behöver sänkas från 70 °C till 55 °C, med bibehållen radiatoreffekt, vilken elementfläkt krävs och vad är dess ljuddata.

#### Inneklimat

- Innetemperaturen ligger runt 22 °C, högre yttemperaturer på fönster och mindre drag etc. än tidigare.

#### Köldbärartemperaturer – borrhålstemperaturer

- Temperaturer från/till borrhålet var i slutet på vintern 0 °C/-3 °C och i början av september var temperaturen 2 °C/-1 °C. Orört berg i Stockholm har ca 7 °C. Värmepumpen fungerar ner till -5 °C/ -8 °C då den stannar och inte startar förrän temperaturen har stigit.

Om borrhålens temperaturer fortsätter och sjunker måste en återladdning installeras. Vilket kan vara: Frånluftsåtervinning, Kylmedelskylare (Uteluftskonvektor) som hämtar värme ur uteluften, Extra borrhål sänker effektuttaget med 20 % per löpmeter borrhål. Det är viktigt att den lösning som väljs inte kan höja temperaturen till och från borrhålet över 15 °C, för då stannar värmepumpen pga. för hög temperatur.

## 3 Inledning

### 3.1 Syfte och Mål

2012 hade Brf Klubbåsen under en tid diskuterat energieffektivisering och var obekvämd med fjärrvärmens, både för att den utgjorde en stor utgiftspost och för att Fortum eldade med kol i värmeverket i Värtan, något de inte ville delta i. Vidare önskade brf göra något åt fönstren som var dragiga och kalla. Skulle de renovera eller byta ut?

Brf önskade genom kloka investeringar skapa ekonomiskt utrymme för framtida underhåll och låneavbetalningar utan att behöva höja avgifterna.

Den information de samlade in via offerter som bedömdes av professionell konsult, via kommunala energirådgivare, via entreprenörers branschorganisationer mm. var motsägelsefull. De hittade inget att luta oss emot som gällde små bostadsrättsföreningar.

När så annonsen för HalveraMera-projektet dök upp i tidskriften Bo Bättre skickade brf snabbt in en intresseanmälan med det dubbla målet att få hjälp att sortera ut hur just deras hus bäst skulle kunna energieffektiviseras och att därigenom kunna vara ett exempel för det stora antalet likartade hus som finns. Genom att energieffektivisera deras hus skulle de kunna bidra till samhällets nödvändiga klimatarbete.

### 3.2 Metod

#### 3.2.1 Etapp 1

Dokumentationsarbetet innehåller följande moment:

- Beskrivning av byggnaden
- Beskrivning av tidigare genomförda åtgärder
- Checklista
- Beskrivning av luftläckning (genom t.ex. tryckprovning och termografering)
- Beskrivning av luftflödenas storlek
- Ekonomiska förutsättningar/budget

Analysarbetet innehåller följande moment:

- Fuktanalys
- Analys av underhållsbehov
- Analys av inneklimat
- Energisimulering av byggnadens befintliga skick. Denna ska kalibreras till inom 10 % avvikelse från uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel före åtgärd.
- Energiberäkningar för utvalda åtgärder och åtgärds paket.
- Ekonomiska beräkningar i BeBo Lönsamhetverktyg som utgår från bostadsföretagens kalkylförutsättningar.

### **3.2.2 Etapp 2**

Dokumentationsarbetet innehåller följande moment:

- Genomgång av förstudien och ev. uppdatering
- Mätplan
- Tidplan för renoveringen

Analysarbetet innehåller följande moment:

- Löpande kontroll att entreprenaden genomförs med hänsyn till energifrågan.

Detta arbete utförde Brf huvudsakligen i egen regi, dock gjordes en kort uppföljning och dokumentation, som redovisades februari 2015. Den redovisningen finns i kapitel 14 i denna rapport.

### **3.2.3 Etapp 3**

Dokumentationsarbetet innehåller följande moment:

- Kostnader för renoveringen
- Energianvändningen efter renoveringen

Analysarbetet innehåller följande moment:

- Analys av uppnådd energibesparing
- Analys av uppnådd lönsamhet



## Etapp 1

Hämtat från förstudierapport från september 2013.

### 5 Objektsbeskrivning

Brf Klubbåsens byggnad på Klubbacken 25 är uppförd på en bergsluttning i Hägersten, vid Mälaren söder om Stockholm. Byggnaden uppfördes 1944 som punkthus och består av 5 våningar inkl. 23 lägenheter, 1 tvättstuga, källare och vind med förråd. Problem med drag ifrån fönster och balkongdörrar har funnits länge i föreningen. Man har beslutat att göra en ombyggnad och en energiutredning för att hitta åtgärdsförslag som kan förbättra inneklimatet och lösa de tekniska problem som finns i byggnaden.



**Figur 1** Fasad före åtgärd.

## 5.1 Beskrivning av byggnaden

Fastigheten förses med fjärrvärme via en undercentral på bottenplanet.

Nytt VA-system installerades runt -96 och en ny frånluftsfläkt är installerad på taket sedan 2010. Tvättstugan är placerad i källaren, där torktummlaren har en påkopplad frånluftskanal.

Ytterväggen är av lättbetong med utvändig puts, 2-glas originalfönster och 21 stycken balkonger. Fönstren är otäta och drar generellt kallt oberoende av våningsplan eller väderstreck. Trapphus och entré har belysning som är på dygnet runt. Ventilationen är utetemperaturstyrd där givaren i nuläget är placerad i söderläge.

Hissen är från 1944. Hisskorgsrenovering och motorbyte utfördes 2008.

Utomhus har fastigheten 2 lyktstolpar som är ljusstyrda.

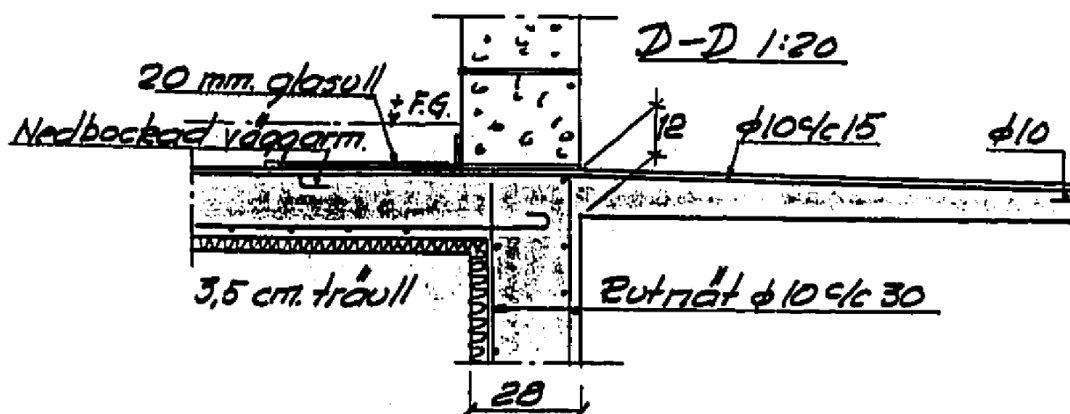
<b>Klubbacken 25</b>	
Byggnadsår	1944
Antal lägenheter	23
Antal våningar ovan mark	5
Antal källarvåningar	1
Antal trapphus	1
Antal hissar	1
Antal tvättstugor i byggnad	1
Antal fristående tvättstugor	0
Antal motorvärmare	0
Antal belysningsstolpar	2
Area BOA, m <sup>2</sup>	1200
Area LOA, m <sup>2</sup>	43
Area A <sub>temp</sub> , m <sup>2</sup>	1605*

\* Uppmätt på ritning.

## 5.2 Byggnadsteknik

Beskrivning av byggnadsteknik och material som användes vid uppförandet av byggnaden, vad som ändrats sedan dess och vilket underhållsbehov som finns. Exempel på konstruktionsdetalj visas i figur 2.

Stomme	Bärande mellanväggar med 250 betongmurblock.
Vindsbjälklag	30 betong 50 glasullsmatta/träullskiva 170 betong
Ytterväggar	Källarvägg: 280 betong Våning 1: 20 utvändig puts 300 lättbetong Våning 2-4: 20 utvändig puts 250 lättbetong
Fönster	Kopplade 2-glas med aluminiumbeklädda ytterbågar
Balkonger	Balkonger av utkragande betongplatta och korrugerad plåt i bröstning
Källargolv	100 mm betong



**Figur 2** Detalj av yttervägg och anslutning till källarbjälklag och balkong.

## 5.3 Installationsteknik

Systembeskrivning av befintliga tekniska installationer, när de installerades och vad som finns för underhållsbehov.

Ventilation	Mekaniskt frånluftssystem med utetemperaturstyrning (givare i söderläge). Ny frånluftsflykt på taket installerad 2010.
Uppvärmning	Fjärrvärme, radiatorsystem och termostatventiler, vilka var installerade på 90-talet.
Tappvarmvatten	VVC från undercentral
Undercentral	Placerad på bottenplan.

## 5.4 Uppmätt energianvändning

Uppmätt energiprestanda för byggnaden baseras på följande mätare och referensår.

	Referensår	Mätarplacering	Betjäningsområde
Värme och tappvarmvatten	2011	Undercentral	Byggnaden
Fastighetsel	2011	Elcentral	Byggnaden
Kallvatten	2011	Undercentral	Byggnaden
Varmvatten			
Hushållsel	2011	Elcentral	Lägenheter (data från Forum)

För referensåret uppmättes nedanstående värden.

Klubbacken 25	År 2011
Värme och varmvatten, (MWh, utan korrektion)	198
Värme och varmvatten, (MWh, normalårskorrigerat)	199
Värme och varmvatten, (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	124
Fastighetsel, (MWh)	19
Fastighetsel, (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	12
<b>Energiprestanda, (kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>)</b>	<b>136</b>
Hushållsel, (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	28
Tappkallvatten, (m <sup>3</sup> )	1790
Tappvarmvatten, (m <sup>3</sup> )	716*
Tappvarmvatten, (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	25**

\*Antagen schablon på 40 % av tappkallvatten.

\*\*Antagen schablon på 55 kWh/m<sup>3</sup> tappvarmvatten.

## 5.5 Luftläckning

Uppmätta värden på luftläckning för byggnaden före åtgärd.

Luftläckning l/sm <sup>2</sup> vid 50Pa	Värde	Anm.
Etagevåning	0,87 l/s m <sup>2</sup>	

Arean är m<sup>2</sup> klimatskärm, A<sub>om</sub> (mot utsida och mot ouppvämt utrymme).

## 5.6 Termografering

Termografering utfördes på två lägenheter i Klubbacken 25 varav en under tryckprovning vid 20 Pa undertryck. En värmekamera med bild i bild-funktion användes vid utförandet. Tydliga köldbryggor vid bjälklagskanter och gavelväggar. Luftläckning förekom vid fönster och balkongdörrar.

Se protokoll i Bilaga 4.

## 5.7 Luftflöden i ventilationssystemet

Uppmätta totalluftflöden för byggnaden före åtgärd.

Uppmätta totalluftflöden för byggnaden före åtgärd.

Luftflöden	l/s	l/sm <sup>2</sup> A <sub>temp</sub>	Anm.
Frånluft	560	0,35	Antaget luftflöde

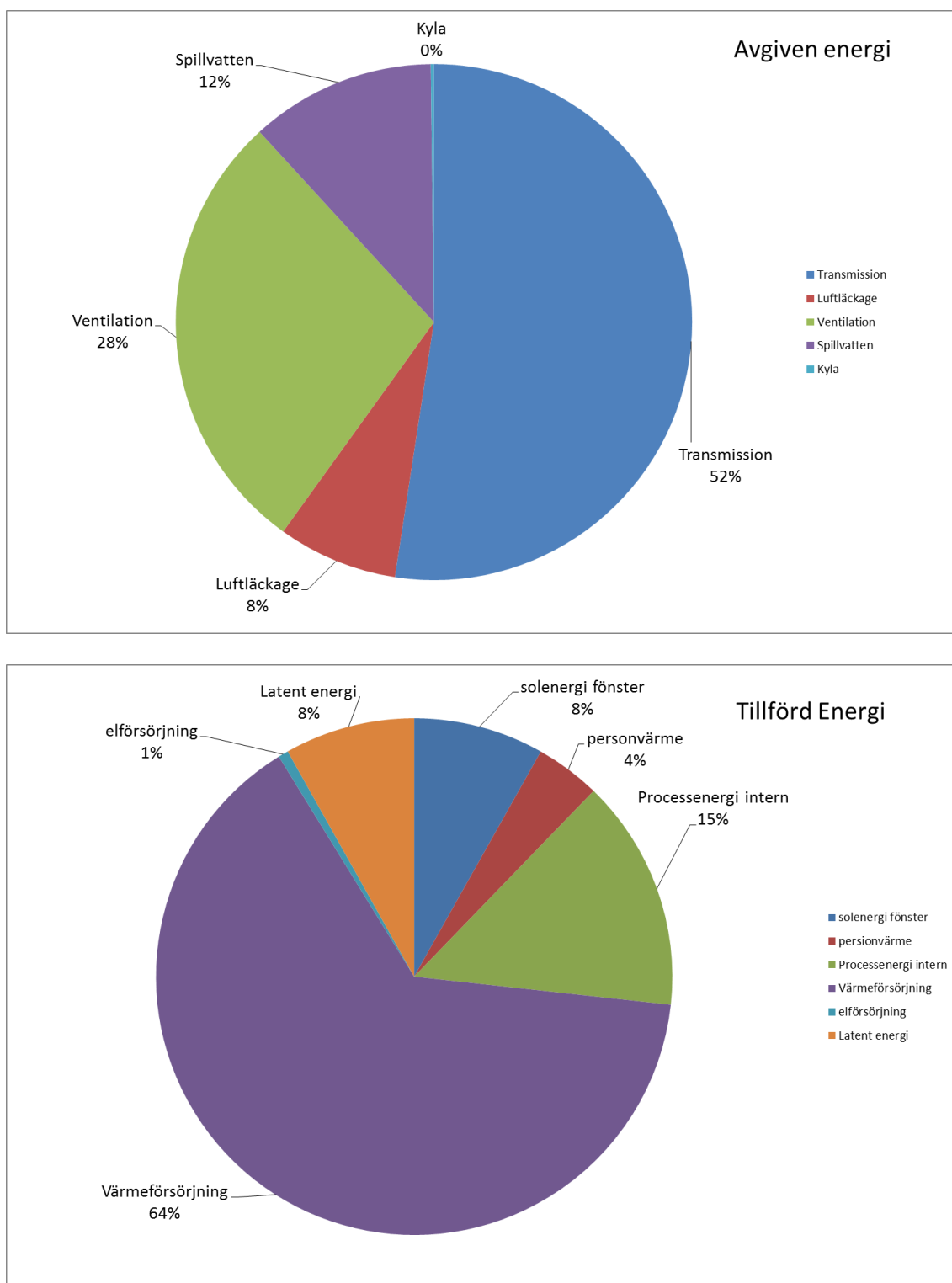
## 5.8 Inneklimat och boendeenkät

Har inte genomförts.

## 6 Energiberäkning för byggnadens nuläge

Beräkningarna av byggnadens befintliga energiprestanda har först kalibrerats till inom 10 % avvikelse med hjälp av uppmätt fjärrvärme, fastighetsel och hushållsel före åtgärd. Utgående från detta har byggnaden simulerats i VIP Energy 2.1.1, 2012. Samtlig indata till beräkningen finns i bilaga 1.

Indata, simulering utgångsläget	Enhet	Värde	Informationskälla (Uppmätt, beräknat, antaget...)
$A_{temp}$	$m^2$	1605	
$A_{om}$ , Omslutande area mot ute och ouppvärmade utrymmen	$m^2$	2108	
Glasarea (Obs ej fönsterarea)	$m^2$ Norr	24	
	$m^2$ Öster	27	
	$m^2$ Söder	25	
	$m^2$ Väster	30	
U-värden och areor:			
Yttervägg	$W/m^2K \mid m^2$	0,51 & 0,43	
Källarvägg	$W/m^2K \mid m^2$	3,0	
Tak/vindsbjälklag	$W/m^2K \mid m^2$	0,45	
Fönster	$W/m^2K \mid m^2$	2,7	
Grund/golv	$W/m^2K \mid m^2$	4,3	
Dörrar	$W/m^2K \mid m^2$	2,7	
Köldbryggor	W/K	265	
Ventilation, grundflöde	$l/sm^2$	0,35	
Specifik luftläckning, vid 50 Pa	$l/m^2,s$		
Energianvändning:			
Tappvarmvatten	kWh/år	40 000	Antagna värden
Hushållsel	kWh/år	48 000	Uppmätta värden
Fastighetsel	kWh/år	15 000	Antagna värden



**Figur 3** Specifiering av tillförd och avgiven energi till byggnaden i dess utgångsläge

## 7 Planerade åtgärder

Grundförutsättningen inför identifiering av åtgärder är att kunna åstadkomma en 50 % - ig minskning av energianvändningen, vilket för Brf Klubbåsen ger ett energiprestanda-mål på 75 kWh/m<sup>2</sup>år.

Olika åtgärder har diskuterats och de som bedömts som realistiska och intressanta har energiberäknats och kostnadsbedömts.

### 7.1 Följande åtgärder har undersökts

Värmeisolering av klimatskärmen:

Tilläggsisolering av ytterväggar

Fönster & dörrar:

Utbyte av alla fönster och balkongdörrar.

Lufttättningsåtgärder:

Runt fönster i samband med fönsterbyte.

Värmesystem:

Ingen åtgärd.

Belysning:

Planerat att sätta in närvarostyrning i trapphus och entré.

VA-system:

Ingen åtgärd. Åtgärdat -96

Styr- och reglersystem:

Ingen åtgärd

### 7.2 Fuktanalys

Nuvarande fönster och balkongdörrar är otäta och vid slagregn har vatten trängt in på några ställen. Fuktpåverkan på golv och vid fönsterbänk upptäcktes vid platsbesök. Cykelförrådet har haft fuktproblem under en längre period. Orsaken är troligen att stupröret som kommer in i cykelförrådet är otätt. Det krävs ytterligare utredning för att med säkerhet härleda problemet och detta ingår inte i Bebo-projektet.



## 8 Energiberäkningar av planerade åtgärder

Utgående från energisimuleringen av utgångsläget har energibesparingar för referensfallet och valda åtgärder beräknats. I tabellen nedan presenteras indata för åtgärderna, samtliga indata för beräkningen bifogas i bilaga 2.

Med referensfallet menas de åtgärder som kommer att genomföras om man inte väljer investeringsalternativet, utan hänsyn till energieffektivisering. Det kan vara att göra ingenting, eller att genomföra underhållsåtgärder. Med investeringsalternativ menas de olika alternativ som energiberäknas. För den aktuella byggnaden innefattar referensfallet byggnadens nuläge, grundfall.

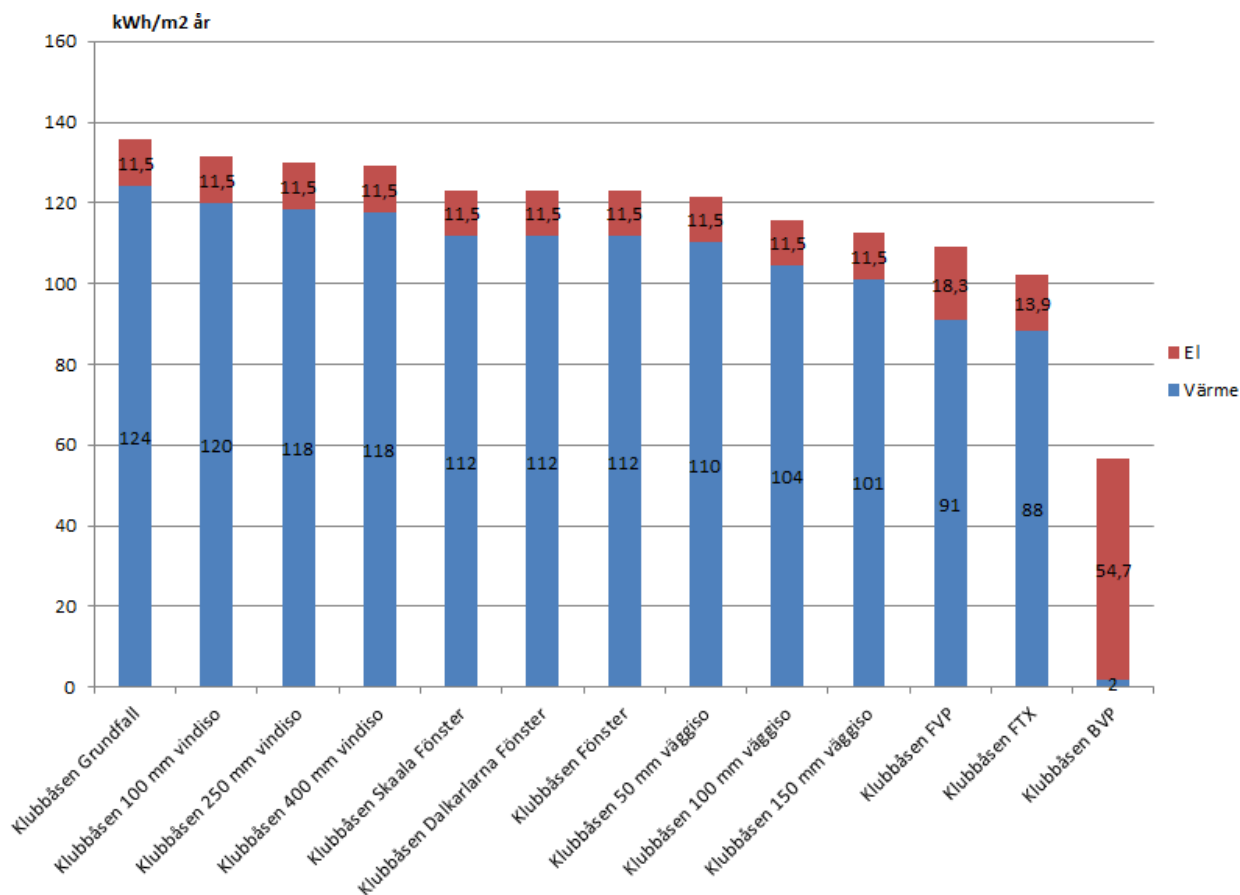
Indata, simulering av åtgärder	Enhet	Referensfall	Investeringsalternativ
$A_{temp}$	$m^2$	1605	1605
$A_{om}$ , Omslutande area mot ute och ouppvärmade utrymmen	$m^2$	2108	2108
Glasarea (Obs ej fönsterarea)	$m^2$ Norr	24	24
	$m^2$ Öster	27	27
	$m^2$ Söder	25	25
	$m^2$ Väster	30	30
U-värden och areor:			
Yttervägg	$W/m^2K   m^2$	0,51 & 0,43	0,15
Källarvägg	$W/m^2K   m^2$	3,0	0,25
Tak/vindsbjälklag	$W/m^2K   m^2$	0,45	0,45
Fönster	$W/m^2K   m^2$	2,7	1,0
Grund/golv	$W/m^2K   m^2$	4,3	4,3
Dörrar	$W/m^2K   m^2$	2,7	2,7
Köldbryggor	$W/K$	265	167
Ventilation, grundflöde	$l/sm^2$	0,35	0,35
Specifik luftläckning, vid 50 Pa	$l/m^2,s$		
Energianvändning:			
Tappvarmvatten	kWh/år	40 000 <sup>3</sup>	0 <sup>2</sup>
Hushållsel	kWh/år	48 000 <sup>1</sup>	48 000 <sup>1</sup>
Fastighetsel	kWh/år	15 000 <sup>3</sup>	15 000 <sup>3</sup>

Ange hur informationen tagits fram:

- 1) Uppmätta värden
- 2) Beräknade värden
- 3) Antagna värden

Beräkningarna av byggnadernas befintliga energiprestanda har först kalibrerats till inom 10 % avvikelse med hjälp av uppmätt fjärrvärme och fastighetsel före åtgärd. Utgående från detta grundfall har energibesparingar beräknats. Indata för beräkningen redovisas i bilaga 1.

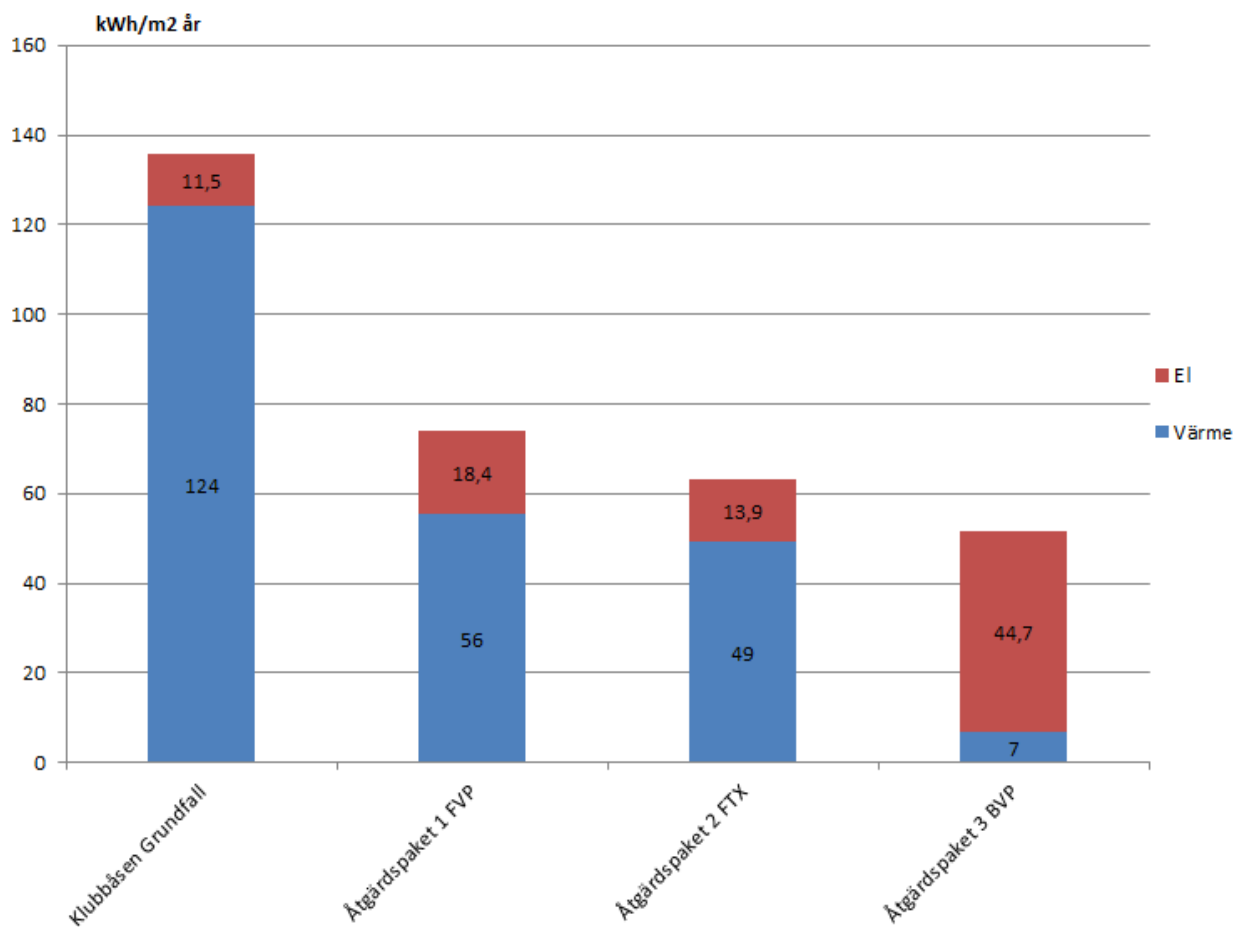
Beräkningsresultaten är gjorda från grundfallet. Enskilda åtgärders och åtgärdspakets energibesparing i syfte att nå en halverad energianvändning redovisas i figur 4.



**Figur 4** Beräknad energiprestanda för planerade enskilda åtgärder för Klubbacken 25.

För att nå målet om en halvering av energianvändningen krävs omfattande åtgärder. Tre olika åtgärdspaket redovisas i Figur 5. Dessa skiljer endast i värmeförsörjning/återvinning och samtliga åtgärdspaket är beräknade med åtgärderna:

- 150 mm tilläggsisolering av fasad
- Fönsterbyte ( $1,0 \text{ W/m}^2\text{k}$ ).



**Figur 5** Beräknad energiprestanda för grundfall och efter åtgärdspaket för Klubbacken 25.

Beräkningsresultat från enskilda åtgärder och åtgärdspekets energibesparing i syfte att nå en halverad energianvändning redovisas i figur 5.

Grundfallet innefattar inga åtgärder.

Åtgärdspaket 1 innefattar:

Installation av frånluftsvärmepump tilläggsisolering av fasad samt byte av fönster.

Åtgärdspaket 2 innefattar:

Installation av FTX-ventilation tilläggsisolering av fasad samt byte av fönster.

Åtgärdspaket 3 innefattar:

Bergvärmepump, tilläggsisolering av fasad samt byte av fönster.

## 9 Kostnadsbedömningar

Nedanstående tabell visar en kostnadsbedömning av planerade åtgärder som i huvudsak baseras på tidigare genomförda BeBo-projekt, samt tillgängliga offerter från Brf Klubbåsen. Redovisade siffror är beräknad investeringskostnad inklusive moms. Åtgärdskostnaderna avser endast kostnader för energieffektiviseringsåtgärder vilket innebär att värdena i viss mån har rensats från underhållsbehov, ökad komfort och modernisering så att bara den energibesparande delen och förutsättningar för att kunna utföra denna ingår.

Beräknade kostnader för energisparåtgärder inkl.moms.

Nr	Åtgärd	Kostnad per lgh	Byggnaden
1	FTX	83 000	1 909 000
2	FVP	46 000	1 058 000
3	Fönsterbyte Skaala	41 200	947 500
4	Fönsterbyte Dalkarlarna	38 304	881 000
5	Trapphusbelysning	1 300	30 000
6	BVP	23 260	535 000
7	Tilläggsisolering yttervägg	63 000	1 450 000

### 9.1 Lönsamhetskalkyler

Den teoretiska beräkningen kommer ofta i konflikt med den ekonomiska verkligheten och bostadsföretagets/bostadsrättsföreningens företagsekonomiska kalkyler. Det finns flera faktorer som inverkar på de förslag som kan ge de bästa besparingarna, som t.ex.:

- Hyrestak/avgiftstak mot möjlig investering
- Ekonomi, räntor, avskrivningstider mm.
- Bidragsmöjligheter och bokföringsalternativ
- Personal, förändring av projektledare
- Förändring i företagsledning/medverkan från ledning
- Kulturminnesmärkning
- Fokus i projekt ansiktslyftning (status) mot energifrågor.

### 9.2 Kalkylförutsättningar för investeringar

Kalkylförutsättningar för åtgärder redovisas nedan, dels med BeBos rekommenderade förutsättningar, dels med brf Klubbåsens nuvarande energipriser och med en högre framtida energiprisökning.

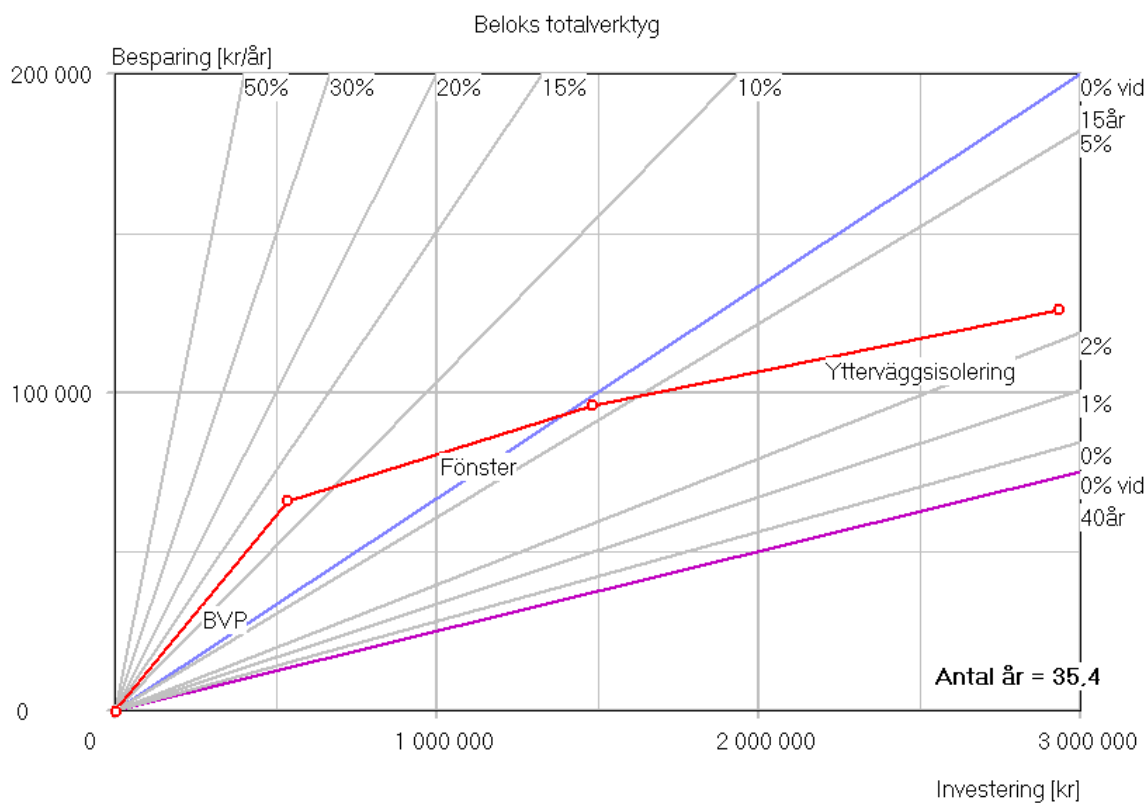
		Brf Klubbåsen	BeBo
Livslängd installationsåtgärder	år	15	15
Livslängd byggtekniska åtgärder	år	40	40
Elpris	kr/kWh	1,20	1,20
Real elprisökning	% / år	4	2
Fjärrvärmepris	kr/kWh	0,80	0,80
Real fjärrvärmeprisökning	% / år	4	1
Inflation	% / år	2	2
Realt ändrade underhållskostnader	% / år	0	0

Tabellerna nedan visar beräknad tåld investering (i princip värdet av framtida energibesparing) och nuvärde (värdet av framtida energibesparing minus investeringskostnad, allt framräknat till investeringstillfället) för demonstrationsbyggnaden utgående från åtgärdernas beräknade kostnader och kostnadsbesparing (LCC) och BeBos samt Klubbåsens kalkylförutsättningar.

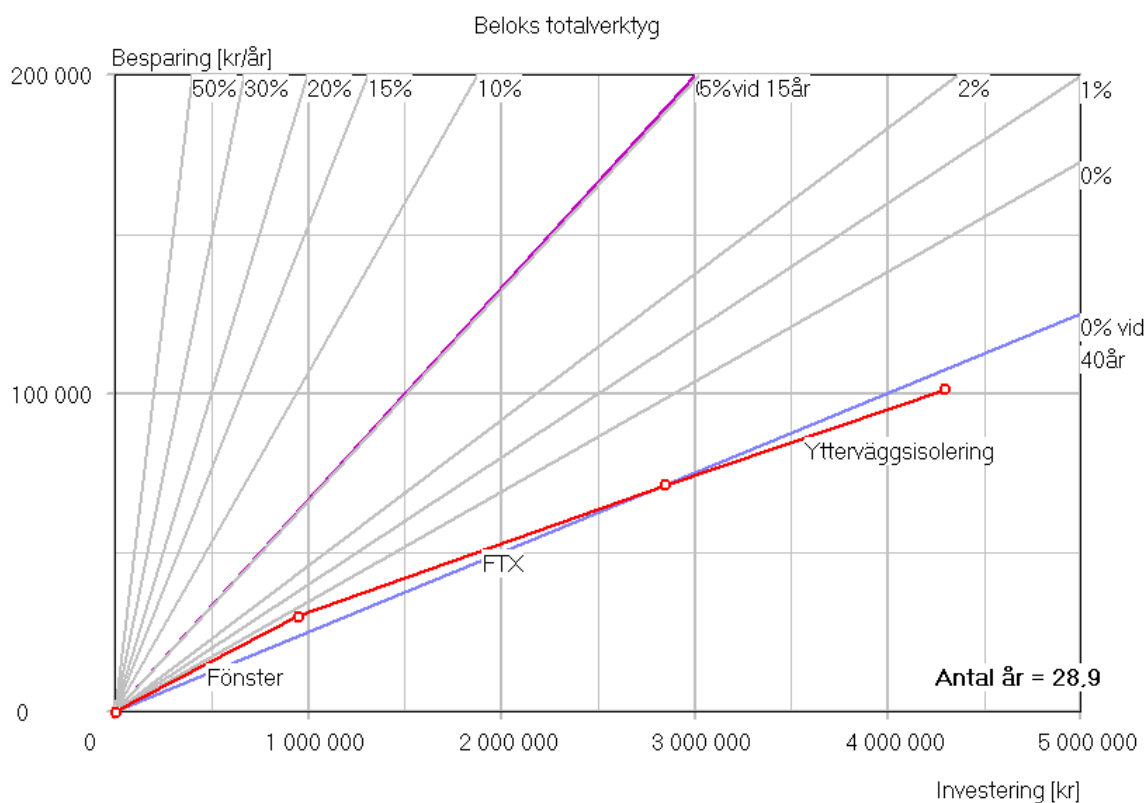
<b>BeBos förutsättningar</b>						
	Värme, kWh/m <sup>2</sup> år	Fastighets- el, kWh/m <sup>2</sup> år	Besparing, kWh/m <sup>2</sup> år	Tåld inve- stering, kr	Beräknad investering, kr	Nuvärde, kr
Befintligt	123,99	11,49	-	-	-	-
Fönster Skaala	111,49	11,49	12,5	178 343	947 500	-769 157
Fönster Dalkarlarna	111,49	11,49	12,5	178 343	881 000	-702 657
Tilläggsisolering yttervägg 150mm	101,2	11,5	23	328 491	1 450 000	-1 121 509
FVP	90,57	18,27	26,64	321 215	1 058 000	-736 785
FTX	88,13	13,88	33,47	456 986	1 909 000	-1 452 014
BVP	1,98	54,67	78,83	754 322	668 750	85 572
Åtgärds paket 1 FVP	55,40	18,38	61,70	820 773	3 455 485	-2 634 712
Åtgärds paket 2 FTX	53,54	13,88	68,06	950 793	4 306 485	-3 293 449
Åtgärds paket 3 BVP	6,82	44,71	83,95	912 835	3 397 485	-2 484 650

<b>Brf Klubbåsens förutsättningar</b>						
	Värme, kWh/m <sup>2</sup> år	Fastighets- el, kWh/m <sup>2</sup> år	Besparing, kWh/m <sup>2</sup> år	Tåld inve- stering, kr	Beräknad investering, kr	Nuvärde, kr
Befintligt	123,99	11,49	-	-	-	-
Fönster Skaala	111,49	11,49	12,5	222 534	947 485	-724 951
Fönster Dalkarlarna	111,49	11,49	12,5	222 534	881 000	-658 466
Tilläggsisolering yttervägg 150mm	101,2	11,5	23	409 641	1 450 000	-1 040 359
FVP	90,57	18,27	26,64	413 913	1 058 000	- 644 087
FTX	88,13	13,88	33,47	574 583	1 909 000	-1 334 417
BVP	1,98	54,67	78,83	1 025 664	668 750	356 914
Åtgärds paket 1 FVP	55,40	18,38	61,70	1 037 098	3 455 485	-2 418 387
Åtgärds paket 2 FTX	53,54	13,88	68,06	1 267 999	4 306 485	-3 038 486
Åtgärds paket 3 BVP	6,82	44,71	83,95	1 203 730	3 397 485	-1 862 505

Internräntor, dvs. vilken avkastning åtgärds paketerna ger (kan jämföras med en bankränta), redovisas i följande diagram, utgående från åtgärdernas kostnadsbesparing med BeBos kalkylförutsättningar (Belok totalverktyg, finns på [www.belok.se](http://www.belok.se)).

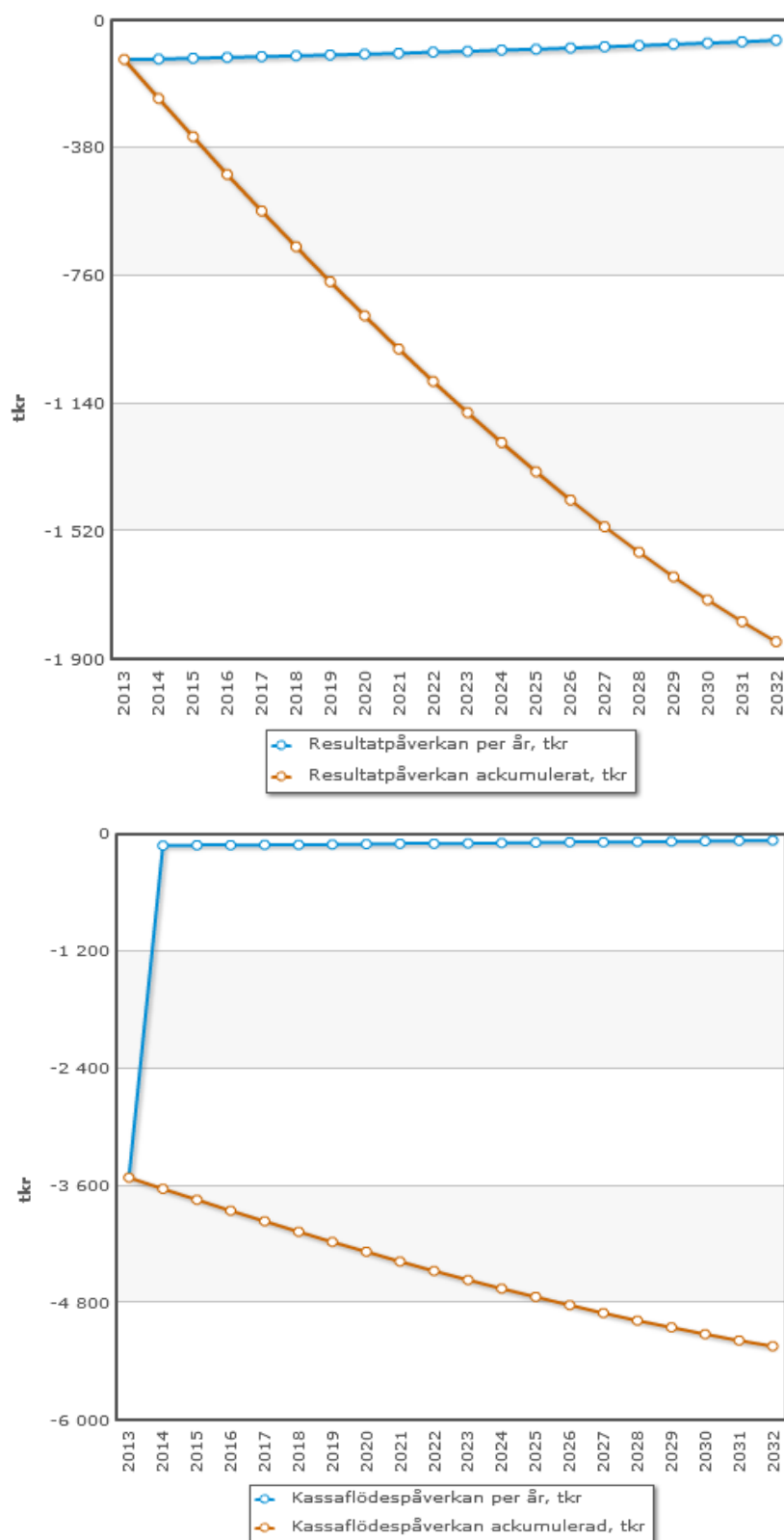


**Figur 6** Internräntediagram för åtgärds paket 3 (BVP) för Klubbacken 25.



**Figur 7** Internräntediagram för åtgärds paket 2 (FTX) för Klubbacken 25.





**Figur 9.** Kalkylresultat för resultatpåverkan och kassaflöde från BeBos webberäkningsmodell för åtgärds paket 3 (BVP).



## 10 Ekonomisk analys

Redovisat i kapitel 9.1 och 9.2 enligt tidigare BeBo-metod.

## 11 Resultat från förstudien

### Energibesparing och lönsamhet

Energiberäkningarna för Klubbacken 25 har utförts för åtgärder som bedömts kunna klara en halvering av energianvändningen, samt vad Brf Klubbåsen velat ha med i förslagen och det man ansett varit en möjlighet för fastigheten.

Enligt utförda beräkningar kan en halvering av energianvändningen uppnås förutsatt att omfattande åtgärder vidtas. Åtgärds paketet med FTX-system och bergvärmepump klarar båda att uppnå 50 % besparing (ca 68 kWh/m<sup>2</sup> respektive 84 kWh/m<sup>2</sup> besparing avdraget från uppmätta värden år 2011).

Lönsamhetskalkyler har utförts med enskilda åtgärder samt för några åtgärds paket. Åtgärds kostnaderna har tagits från tidigare utförda BeBo-projekt och offerter (fönster och bergvärmepump) från Brf Klubbåsen. Resultat i form av nuvärden och internräntor har redovisats i kapitel 9.

Placeringen av fastigheten gör att installation av en bergvärmepump är möjlig. Bergvärmepumpen är även den åtgärd som sänker värmeanvändningen mest, men för att göra det möjligt så ökar elanvändningen, vilket är kostsammare än värme. Åtgärds paketet med installation av bergvärmepump skulle nå målet om en halvering av energianvändningen med en återbetalning på 32 år. Som enskild åtgärd skulle bergvärmepumpen vara lönsam med ett nuvärde på 85 000 kr. Kostnaden från Brf Klubbåsens offert är beräknad för en värmepump med en effekt på 43 kW, vilket dock kan vara i minsta laget. Som jämförelse kan sägas att energiberäkningens värmepump har en effekt på 80 kW. Värmepumpens besparing bygger dock på att framledningstemperaturen kan sänkas till 55 grader vid dimensionerande utetemperatur. Om radiatorsystemet var rätt dimensionerat från början, vilket inte är kontrollerat, behöver lägenheternas värmeeffektbehov sänkas med ca 40 %. Radiatordimensioneringen bör kontrolleras i samband med ev. upphandling av värmepump, samt vilken effektsänkning som kan uppnås i samband med ett fönsterbyte.

FTX-systemet som enskild åtgärd blev inte lönsamt med givna kalkylförutsättningar på grund av den höga investeringskostnaden och att elanvändningen höjs. Åtgärds paketet har en tåld investering som är lägre än den enskilda investeringskostnaden för FTX vilket gör att inte heller det blir lönsamt. Åtgärds paketet med installation av FTX-system skulle nå målet om halvering av energianvändning med en återbetalning på 25 år. Anledningen till att återbetalningstiden är kortare än bergvärmepumpen är på grund av att bergvärmepumpen har högre elanvändning.

Som enskild åtgärd är ett byte av fönster till 3-glas ”energiglas”, ur ren energibesparings synpunkt inte lönsam med de givna förutsättningarna. Det bidrar däremot till bättre komfort inomhus, på grund av högre ytemperaturer och minskat drag, samt att de problem med vatteninträning som förekommer kan åtgärdas. Som enskild åtgärd ger fönsterbytet en besparing på 12,5 kWh/m<sup>2</sup>.

## 12 Genomförande och uppföljning

September 2013:

Brf Klubbåsen har ännu ej fattat beslut om vilka åtgärder som kommer att vidtas i byggnaden, samt om deltagande i Rekorderlig Renovering och fortsatt stöd från BeBo kommer att sökas.

Komplettering med utdrag ur brev från brf till BeBo september 2013

### **HalveraMera-projektet**

#### **Styrelsens ställningstagande och förslag till energieffektivisering.**

Nedanstående åtgärder kommer att bli genomförda under förutsättning att de godkänns av föreningsstämman den 24 september 2013.

Användbarheten av HalveraMera-projektets förstudie har tyvärr varit begränsad. I dess föreslagna åtgärds paket ingår fasadisolering, något som vi bedömer realistiskt, eftersom vår fasad ser fräsch och fin ut och det kommer att dröja länge innan den behöver renoveras. Fönsterbyte är för dyrt i förhållande till den energivinst som förstudien anger.

Vi har därför valt att pröva egna vägar.

1. Montering av isoleringsglas invändigt på fönstrens innerbåge kompletterat med nya icke helt stängningbara ventiler.
2. Elementfläktar och datorprogrammerade radiatorventiler för optimal innetemperatur och förbrukning. Vi räknar med att fläktarna ska neutralisera drag från otätheter runt fönstren. Energivinstens storlek är beroende av många faktorer. Vi kommer att vara ett pilotprojekt för leverentören.
3. Mätning av energivinsten av dessa åtgärder under hösten och vintern 2013-14
4. Installation av bergvärme och frånluftsåtervinning dimensionerade efter det resultatet under vinter/vår 2014.
5. Mätning efter samtliga åtgärders genomförande under följande 12 månader.

Om åtgärd 1 och 2 ger lika mycket som en del referensobjekt som vi tagit del av och om vi lyckas dimensionera pumparna rätt kommer vi att kunna halvera energiförbrukningen. Ovanstående åtgärder håller sig inom den ram som styrelsen sett som nödvändig, nämligen att inte behöva höja avgifterna.

Vi är öppna för förslag vad gäller mätning av energiförbrukningen.  
Kan vi söka ekonomiskt bidrag för den delen?

## Etapp 2

### 13 Genomförande av åtgärderna

Brf genomförde åtgärderna i egen regi utan stöd från BeBo och nedan är redovisning från en kort BeBo-uppföljning av Brf klubbåsens genomförande och utfall redovisat feb 2015.

#### 13.1 Projektets nuläge feb 2015

Brf Klubbåsen anser att förslagen i HalveraMera-rapporten är för akademiska och inte anpassade till en liten bostadsrättsförening. Brf Klubbåsen har på egen hand genomfört ett antal energibesparande och inneklimatförbättrande åtgärder under nov 2013 – maj 2014.

De åtgärder som brf Klubbåsen genomförde är följande:

1. Montering av isoleringsglas invändigt på fönstrens innerbåge kompletterat med nya icke helt stängningsbara ventiler samt tätning mellan karm och vägg.
2. Elementfläktar, digitala termostater för att ge bättre förutsättningar för BVP.
3. Övriga tätningsarbeten
4. Installation av BVP.

Jämför man de av förstudie-rapporten (infogad som kap.4-11) föreslagna åtgärderna med de som brf Klubbåsen valt att genomföra kan man kortfattat säga:

- de har inte genomfört någon av de förslag på tilläggsisolering som föreslogs
- i stället för att byta fönster, så platsbyggde man isolerrutor
- man har genomfört lufttätningsåtgärder liknande de som föreslagits
- man har installerat radiatorfläktar och digitala termostater
- byte av spaltventiler till ej helt stängbara
- installation av BVP liknande det som föreslogs.

I stället för byggtekniska åtgärder för att få ner temperturnivån i värmesystemet för VP-installation har man installerat radiatorfläktar.

Brf har under vintern genomfört egna mätningar med hjälp av sin entreprenör Elementfläkten AB. Mätningarna är huvudsakligen VP elanvändning samt utomhustemperaturen. Mätdata överlämnades 20 februari för utvärdering av energibesparingen av de genomförda åtgärderna. Därutöver har för tidsperioden 14 maj 2014 – 22 feb 2015 erhållits elanvändningen på fastighetselabonnemanget från Fortum samt utomhustemperaturen från SMHI. Dessa mätvärden är nyttjade för analysen i kapitel 14.6.

Brf håller på och undersöker förutsättningar för installation av solceller, våren 2015.

## 13.2 Problemställning

Brf har under vintern 2013/2014 och våren 2014 genomfört energibesparande åtgärder, där det endast kvarstår några mindre detaljer.

Brf önskade att få hjälp med att ta fram hur bra deras egna energibesparande åtgärder är samt titta på möjligheter för solceller. Däremot är man inte intresserade av att vara med i Energimyndighetens uppföljningsprogram, men önskade förslag på enkla mätningar för att kunna följa upp energiprestandan för deras hus.

Då det påstods att värmepumpen skulle klara hela värmelasten och varmvattenproduktionen trots att värmepumpen inte hade tillräcklig storlek, så föreslogs mätning av el till värmepump och tillskott. Dvs. för att kunna göra en någorlunda energiuppföljning bör man få timupplösning på el till värmepump, el till elpanna för värmespets, el till elpatron för varmvattenspets, vattenmätare på kallvatten, som skall bli varmvatten samt utomhustemperaturlogger.

## 13.3 Genomförande

Två platsbesök under sommaren/hösten där genomförda åtgärder detaljgranskades utförande ekonomi, etc. samt möjligheter för solceller på flerbostadshusets tak och/eller på planerad carportslängas tak. Exempel på andra brf som har installerat solceller togs fram. Förslag på hur man kan mäta elanvändningen till värmepump och eltillskott på bästa sätt i elcentralen, vattenmätare till kallvatten som blir varmvatten samt utomhustemperatur. Vid fråga om mer detaljerat stöd med att starta upp mätningarna så behövde de ingen hjälp utan utförde mätningarna med stöd av sin entreprenör.

Vid platsbesök 20 februari insågs att de inte hade satt några elmätare vid elcentralen utan endast installerat en elmätning i säkerhetsbrytaren till värmepumpen samt temperaturlogger för utomhustemperaturen. Med elloggerutrustning hade de endast fått fram loggerleverantörens standarddiagram och kände inte till hur man exporterar ut mätvärdena. Vid kontroll av loggerleverantörens hemsida kunde man få fram hur man kunde exporterar mätvärdena. Timvärden kunde endast exporteras för ett dygn i taget. Önskade man längre tidsperiod fick man dygnsvärden på elanvändningen. Då bestämdes att analysen av energianvändningen skulle utföras med dygnsupplösning.

Dygnsvärden för fastighetselabonnemanget från Fortum samt utomhustemperaturen för SMHI togs fram och analyserades tillsammans med elmätningarna för värmepumpen. Analysen kan ses i kapitel 14.6.

## 13.4 Resultat

### 13.4.1 Sammanfattning

Då man har gjort alla åtgärder samtidigt och man inte har några detaljerade mätningar kan man endast konstatera att sammanlagt så har åtgärderna sänkt energianvändningen med 63 % från 157 kWh/kvm,år till 60 kWh/kvm,år. (OBS! Atemp skiljer mellan Steg 1 och steg 2-3, troligast har del med kalla lägenhetsförråd räknats in i Atemp.)

### 13.4.2 Klubbåsen genomförda åtgärder och med kostnader inkl. moms

Kostnaderna kommer från brf och totalt har Brf Klubbåsen genomfört åtgärder för 1 300 000 kr inkl. moms. De åtgärder som brf Klubbåsen har genomfört är följande:

1. Montering av isoleringsglas invändigt på fönstrens innerbåge kompletterat med nya icke helt stängningsbara ventiler samt tätning mellan karm och vägg.
2. Elementfläktar, digitala termostater för att ge bättre förutsättningar för BVP.
3. Övriga tätningsarbeten
4. Installation av bergvärmepump.

### 13.4.3 Tilläggsisolering fönster och tätning karm-vägg, klart nov 2013:

Kostnad för de åtgärderna är 280 kkr och besparingen var beräknad till 21200 kWh + 6894 kWh (lägre innetemp). Då skulle den åtgärden vara återbetald på 10 år.

1. Invändig isolerruta på alla fönster i lgh och lokaler utom vind och källare samt byte av fönster i porten till kassett samt förbättrad tätning. U-värdet för fönstret förbättras från 2,9 till ca 1,2 W/kvm,K. Kostnad ca 260 kkr.
2. Förbättrad tätning karm och vägg med akrylmassa i samtliga lgh och lokaler. Detta utfördes februari 2014. Kostnad ca 20 kkr



Figur 10 Isolerruta uppbyggd på insidan av innerrutan. Man kan i bilden se en extra list på glaset närmast bågen. Nedredelen av glaset har kondens på utsidan, vilket är en indikation på en välisolerat fönster.

Kommentar energibesparing pga. tilläggisolering fönster

Tilläggisoleringen av fönstren har gett ett betydligt bättre inneklimat och enligt entreprenör har innetemperaturen stigit från ca 19 °C till 21 °C. Detta betyder att den besparing som tagits upp angående lägre innetemperatur inte är aktuell utan man har nyttjat detta för ett bättre inneklimat.

Tumregel: Varje grads ändring av innetemperatur motsvarar 5-6 % värmeenergi.

#### **13.4.4 Elementfläktar, digitala termostater: Installerades feb 2014**

Kostnaden för åtgärderna var ca 200 kkr

Elementfläktar, digitala termostater för att ge bättre förutsättningar för BVP. Elementfläkten ökar den konvektiva värmeöverföringen från radiatorerna, så att man kan ha lite lägre temperaturnivå för värmesystemet. Detta ger bättre driftförutsättningar för VP.

Dock har man inte utvärderat ljud från elementfläktarna i brf Klubbåsen, så man kan inte uttala sig om ljudnivåer i bl.a. rum för sömn och vila.

3. Montering av elementfläktar på nästan alla radiatorer i lgh samt lokaler.

Kostnad ca 100 kkr

4. Elektriska arbeten för punkt 3. Kostnad ca 50 kkr

5. Montering av digitala termostater inkl. datorstyrda termometrar för alla lgh

Kostnad ca 50 kkr (ej klart feb 2015)



Figur 11 Elementfläktar är monterade i underkant av radiatorerna för att öka den konvektiva värmeavgivningen från radiatorn. Ett svagt ljud hörs från fläkten. Ljudnivåerna i rummen är ej uppmätta.



Figur 12 Digital radiatortermostat



Figur 13 Temperaturstyrning av den digitala radiatortermostaten

### 13.4.5 Övriga tätningsarbeten: Utfördes i mars 2014:

Kostnader för åtgärderna ca 26 kkr

6. Tätning av gammal eldningsskorsten. Utfördes mars 2014. Kostnad ca 25 kkr
7. Tätning av källar- och vindsdörrar. Kostnad ca 1 kkr

### 13.4.6 Bergvärmepump IVT D43 med 4 borrhål, våren 2014

inklusive elpanna 15 kW (26 kW), samt elpatron spets till VV: Kostnad 800 kkr.

8. Installation av bergvärme. Kopplades in 13 maj 2014. Kostnad 780 kkr
9. Kringkostnader i ”värmerum” och återställande av gräsmatta etc.  
Kostnad ca 20 kkr



Figur 14 Bergvärmepump, IVT D43, installerad i källaren

#### Kommentar BVP

BVP-entreprenör skall sagt till brf att BVP skall täcka hela värmebehovet, men det kan inte stämma, för värmeeffektbehovet bör vara ca 60 kW. Effektbesparing för fönster och tätningsåtgärder bör vara runt 12 % jämfört med fjv 2012, 70 kW. (se bilaga 13)

BVP utan tillskott från elpannan bör klara ner till någon minusgrad, då BVP ger är ca 43 kW och när kallare ute kompletterar elpannan 15 kW (4 av 7 steg om 3,75 kW).

Dock har VP prioritering av VV, så hela 43 kW kan inte anses kunna nyttjas till värme.

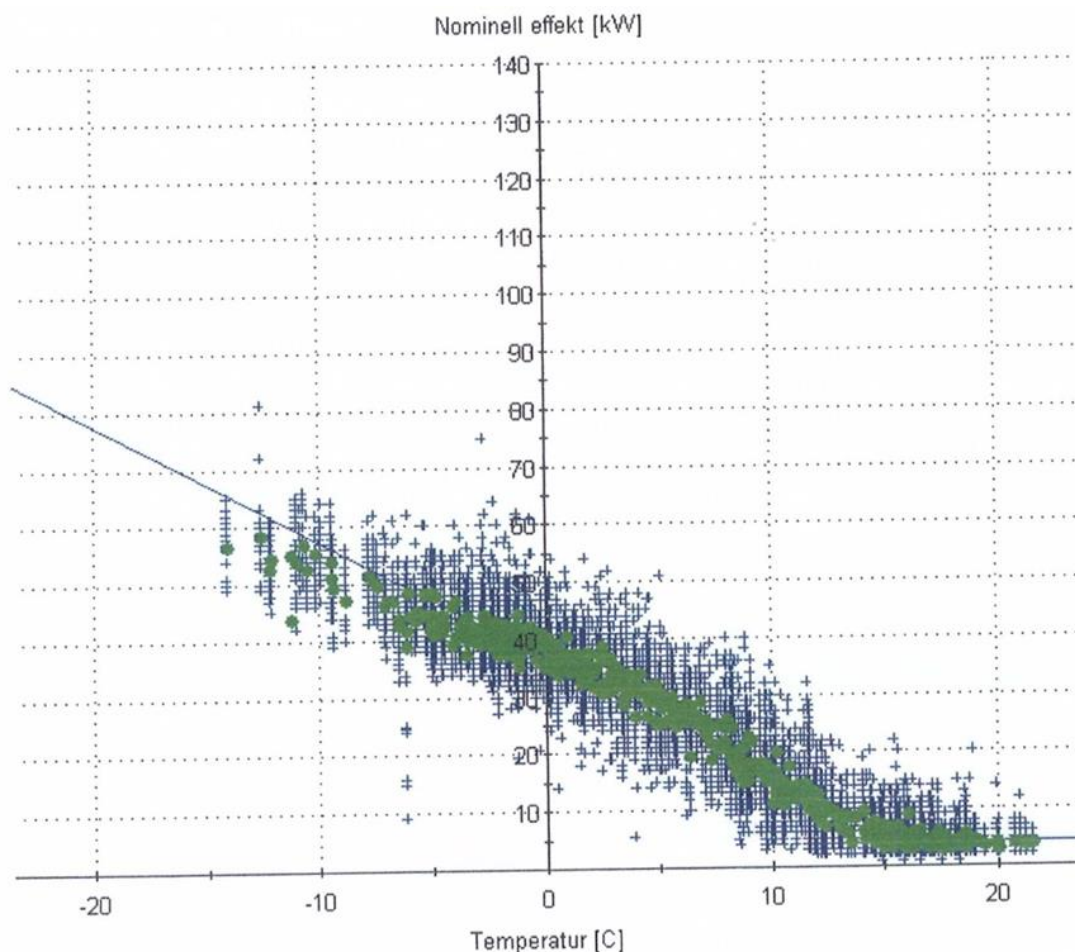


### 13.5 Energianvändning före åtgärder

Figur 15 nedan är ett utdrag från Fortums analys 2013-03-11 av 2012 års FJV-användning för brf Klubbåsen. I figuren är de gröna punkterna dygnsmedeleffekter och de blå är timmedeleffekter.

Om man tittar på den gröna prickarna kan man se att kurvan knäcker vid 15 – 16 °C, när det är varmare ligger medeleffekten på ca 4 kW och de gröna punkterna passerar Tute=0 °C vid ca 40 kW, Tute=-10 °C vid ca 55 kW samt extrapolerar man erhåller man vid Tute=-20 °C ca 70 kW.

En orsak till att energisignaturen för Klubbåsen knäcker vid nollan är att frånluftsfläkten är varvtalstyrd och frånluftflödet sänks när det är kallare än 0 °C.



Figur 15 Energisignatur FJV 2012 för Brf Klubbåsen (Fortum 2013)

Normålrskorrigerad FJV 2012 210 MWh

Normålrskorrigerad FJV 2013 202 MWh

Då fönsteråtgärderna genomfördes november 2013 används 2012 års FJV-användning. Fastighetselen var innan BVP-installationen ca 10 MWh/år (Fastighetsel + tvättstuga var 19 MWh).

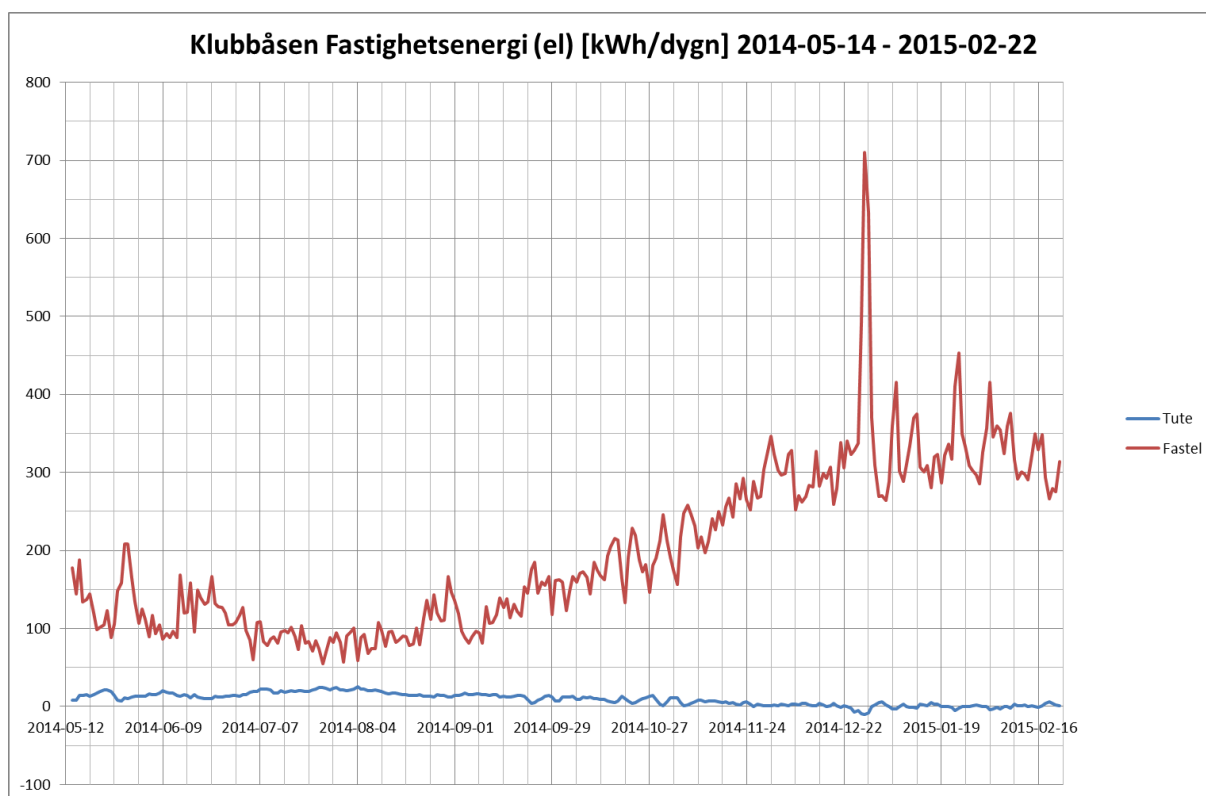
2012:  $220000 / 1400 = 157$  kWh/kvm,år

Vid kontroll av Atemp är den ca 1400 kvm. 5 våningsplan samt etagelägenhet på ena gaveln har sitt övre plan på del av vindsvåningen.

### 13.6 Energianvändning efter åtgärder,

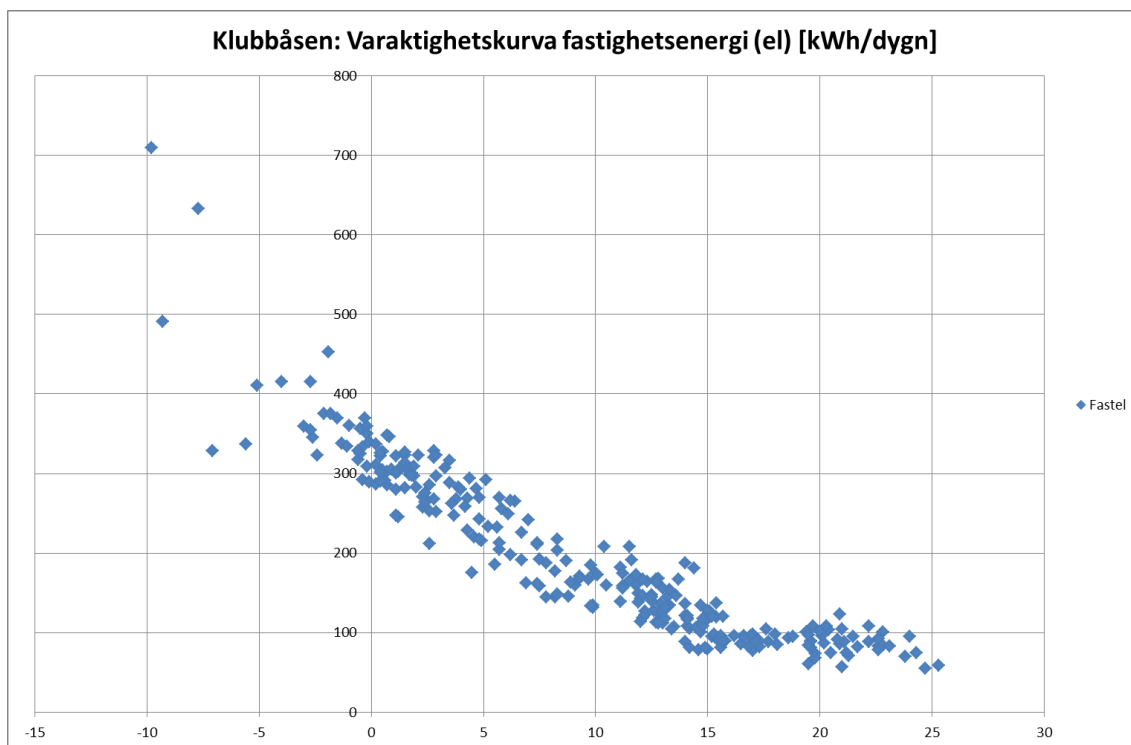
Brf Klubbåsen utförde egna elmätningar av energianvändningen till BVP samt utomhus-temperaturen med stöd av sin entreprenör. Tyvärr mätte de endast elanvändningen till BVP från perioden 2014-12-01 – 2015-02-20 och inte eltillskotten för värme respektive varmvatten samt kallvatten som blir varmvatten. Med fastighetselvärderna från Fortum kan man ändå få en bra bild av byggnadens energiprestanda efter åtgärderna.

För att kunna analysera VP funktion och beräkna Klubbåsens energiprestanda har fastighetselen, 14 maj 2014– 22 februari 2015, inhämtats från Fortum och utomhustemperaturen från SMHI samt det nu gällande normalåret för Stockholm från Sveby/SMHI. Fastighetselen (exkl. värme och VV) antas till samma värde som innan åtgärderna. Detta antagande har inte så stor betydelse om det skulle vara lite felaktigt för analysen görs på köpt fastighetsel 14 maj 2014– 22 februari 2015 och dygnsmedeltemperaturen enligt SMHI.

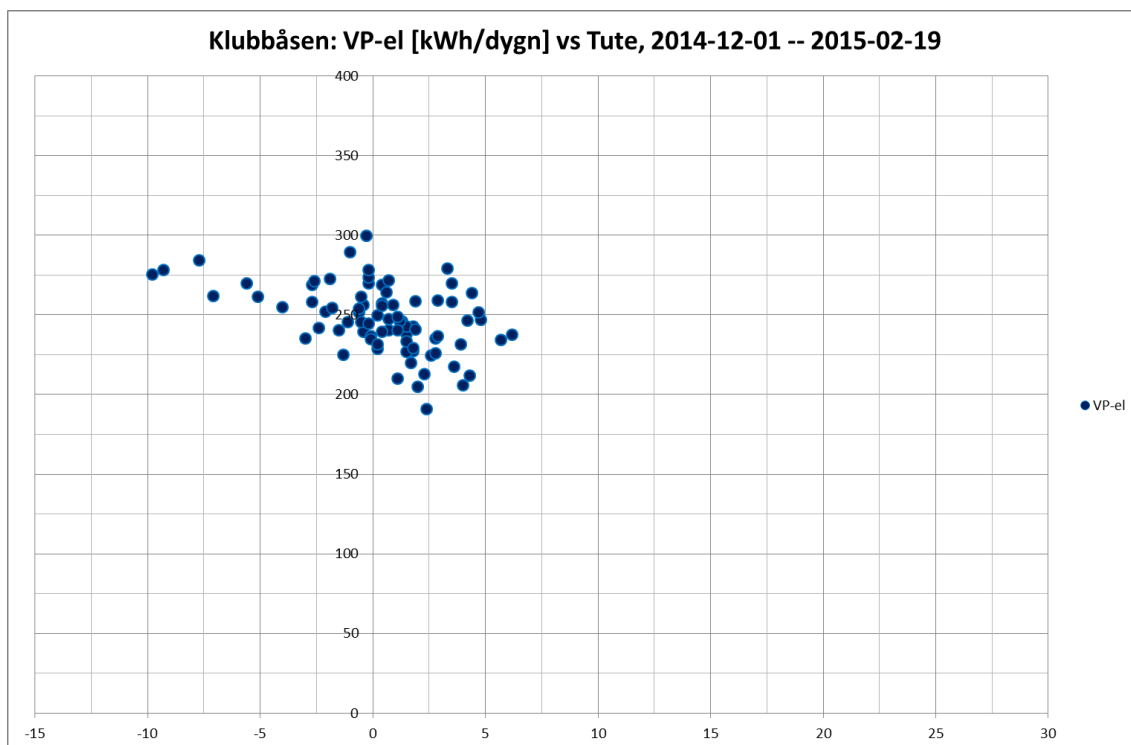


Figur 16 Köpt fastighetsel och utomhustemperaturen, 14 maj 2014– 22 februari 2015

Under sommaren är fastighetselbehovet 80-100 kWh/dygn.  
En solcellsinstallation bör matcha detta elbehov.



Figur 17 Köpt fastighetsel vs utomhustemperaturen 14 maj 2014– 22 februari 2015

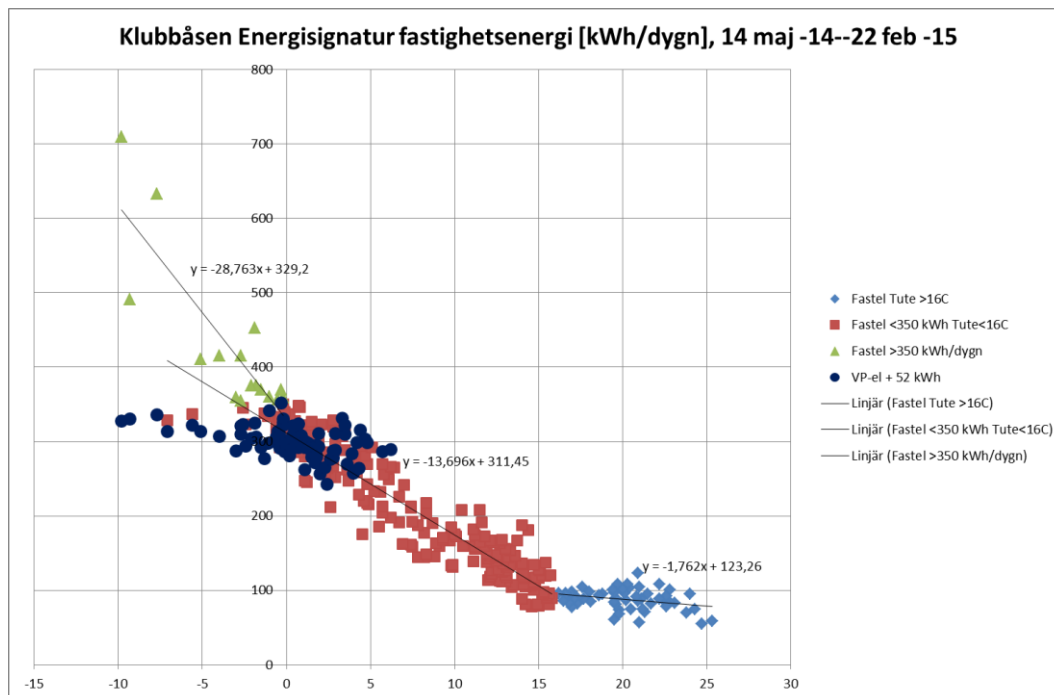


Figur 18 Klubbåsen egna loggning av VP elanvändning vs utomhustemperaturen 2014-12-01 – 2015-02-19. Obs! Annan skala på y-axeln i figur 17.

I figur 18 ser man att VP dygnsel inte sjunker när det blir kallare ute (ner till dygnsmedeltemperatur  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Dvs VP stannar inte pga att temperaturnivån i värmesystemet blir för hög, vilket är en risk i äldre värmesystem. VP elanvändning är i princip konstant när det är kallare ute än någon plusgrad samt om man i figur 19 ser på differensen mel-

lan de blå prickarna (VP el + övrig fastel, 52 kWh/dygn) och de gröna trianglarna (köpt fastighetsel) ser man hur mycket energi elpannan tillför värmesystemet.

I figur 19 har man slagit ihop figur 17 och figur 18 elanvändning till VP är kompletterad med övrig fastighetsel och i princip delat upp den köpta fastighetselen i tre delar: Tute >16 °C, 1 °C < Tute < 16 °C samt kallare är +1 °C.



Figur 19 Klubbåsen fastighetsel samt BVP-el vs utomhustemperaturen.

#### Analys av fastighetselen.

Vintern 2014/2015 har varit betydligt varmare än det nya normalåret från Sveby/SMHI. Exempelvis har det endast under vintern 2014/2015 varit 5 dygn kallare än -5 °C jämfört med det nya normalåret som har 18 dygn kallare än -5 °C.

För att beräkna årsenergianvändning bör man ta fram ekvationer för tre olika delar av mätdata i figur 19. Dygnsmedeltemperatur över +16 °C, då inget värmebehov finns. Nästa punkt är när VP går för fullt, 264 kWh/dygn, samt att eltillskott för VV kan gå in samt övrig fastighetsel (uppskattad till 52 kWh/dygn) ger ca 320 kWh/dygn. Värmeeffektbehov utöver vad som VP kan producera går elpannan (max 15 kW) till värmen in. Eltillskottet kan max gå in med 15 kW\*24 tim., vilket är 360 kWh/dygn. Då blir den totala fastighetselanvändningen 680 kWh/dygn och det högsta dygnet under mätperioden hade 700 kWh/dygn.

Med framtagande av tre kurvanpassningar kan man beräkna en normalårskorrigerad energianvändning.

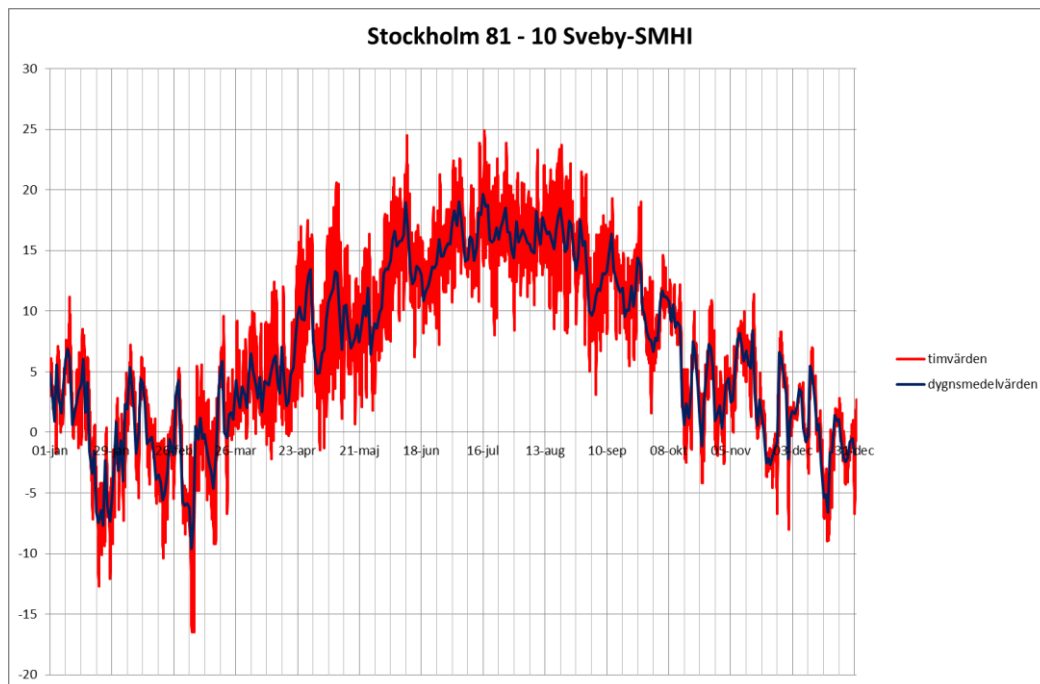
$$\begin{aligned}
 16 \text{ C} - & & : & 123 + 1,76 * \text{Tute} \\
 + 1 \text{ C} - 16 \text{ C} : & & 311 - 13,7 * \text{Tute} \\
 - +1 \text{ C} : & & 329 - 28,8 * \text{Tute}
 \end{aligned}$$

Den normaliserade energiprestandan med det nya normalåret för Stockholm blir brf Klubbåsen fastighetsenergi 84500 kWh/år motsvarande 60 kWh/kvm,år att jämföra med

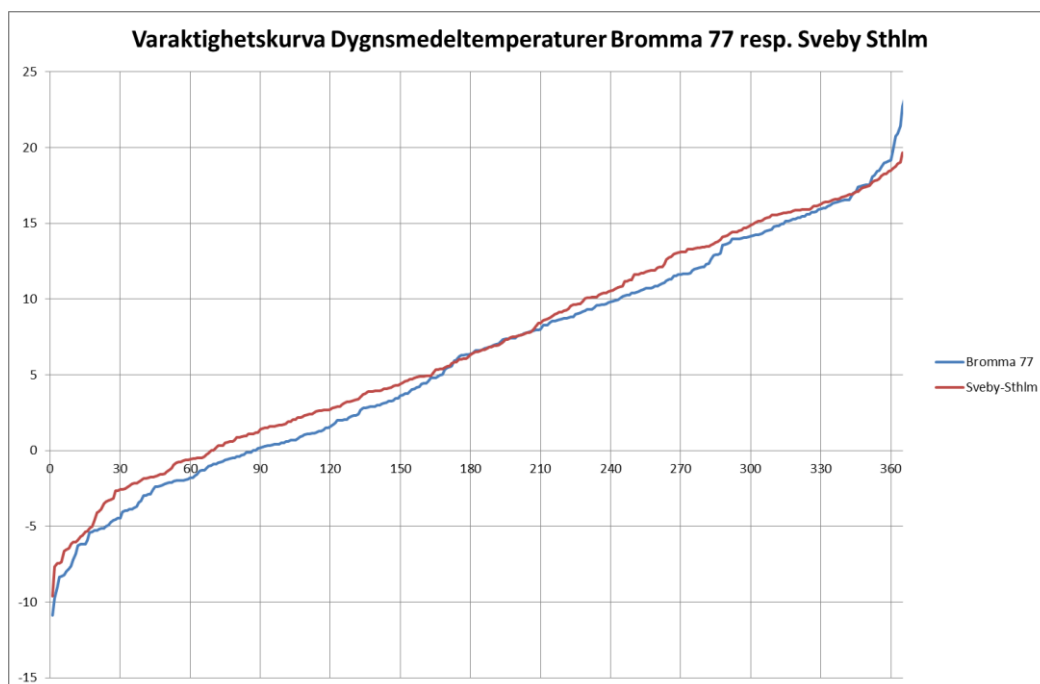
210 000 kWh fjv för värme och varmvatten samt 10 000 kWh till fastighetsel, fläktar, hiss, trapphusbelysning etc. vilket ger en minskning med 144500 kWh. Detta motsvarar 63 % minskning av den köpta energin till brf Klubbåsen.

Hade värmepumpen varit större och haft samma COP, så att inget eltillskott erfordrats hade energianvändningen blivit 80000 kWh/år, energiprestanda 57 kWh/kvm,år.

### 13.6.1 Nya normalåret för Stockholm från Sveby/SMHI



Figur 20 Timvärden och dygnsvärden för nya normalåret från Sveby/SMHI för Sthlm.



Figur 21 Varaktighetskurvor för Bromma 77 samt nya normalåret från Sveby/SMHI.

### **13.7 Fortsättning**

Brf Klubbåsen kommer att fortsätta att själva följa upp sin VP elenergianvändning samt se på möjligheten att bygga en carportlänga med solceller på taket. Den ytan skulle vara ganska väl avpassad för den solelproduktion som brf kan nyttja till fastighetsenergi under sommaren. Man bör analysera hur man på bästa sätt tar hand om solproduktionens variation under dagen samt VP varierande elbehov under en sommardag.

Det är mycket merarbete att montera solceller på taket till fbh. Renovering tak, flytta avluftningar, snörasskydd, taksäkerhet etc. så montage på carportslänga är att föredra.

Det finns en intressant artikel i Energi&Miljö Nr 3, 2015, där en KTH-forskare, Nelson Sommerfeldts, har analyserat svenska brf med solceller. Hans slutsats är att föreningen skall själva använda 80-85 % av den egna solelproduktionen för att maximera lönsamheten. De bör försöka matcha sommarproduktionen med sommarbehovet av fastighetsel.

### **13.8 Utlysning för mätning och uppföljning**

Brf Klubbåsen har inte önskat söka bidrag till mätutrustning utan har själv startat mätningar för att utvärdera sina energieffektiviseringsåtgärder. Brf Klubbåsen anser att Energimyndighetens och Bebos arbete är för akademiskt och inte anpassat till en liten brf behov.

Författaren anser att det skulle ha varit intressant att utvärdera hur energiåtgärderna hade påverkat temperaturnivåerna i värmesystemet och VP-systemets behov av tillskott. Dvs. elpanna till värmen respektive elpatron för VV. För en värmepumpsanläggning är det viktigt att den blir väl drifttagen, för en VP är känslig för temperaturnivåerna och flödena i kondensor respektive förångare.

### **13.9 Fortsatt uppföljning**

Brf har startat en egen lite enklare uppföljning av VP elanvändning och är nöjda, så det är lämplig nivå på energiuppföljningen för Brf Klubbåsen.

Den mer detaljerade energi- och funktionsuppföljningen nämnd ovan bör man genomföra hos fastighetsägare som är intresserade av en djupare analys av sin värmepumpinstallation.

## Etapp 3

### 14 Mätresultat

Brf har utfört renoveringen i flera steg.

1	Isoleringsglas invändigt på fönstrens innerbåge kompletterat med nya icke helt stängningsbara ventiler samt tätning karm/ vägg.	Nov 2013	280 kkr
2	Elementfläktar på de flesta radiatorerna samt digital termostater med datorstyrda temperaturgivare	Feb 2015	200 kkr
3	Diverse tätningsarbeten	Mars 2014	26 kkr
4	Bergvärmepump IVT D43 med 4 st 200-m borrhål	Maj 2014	800 kkr
5	Solcellsanläggning 40 kWp, Beräknad produktion 32000 kWh Hyresgästelmätarna togs bort.	Okt 2015	612 kkr
6	Nytt torkskåp samt varmvattenansluten tvättmaskin	Höst 2016	55 kkr
7	Komplettering med uteluftsintag pga undertryck i huset.	Nov 2016	100 kkr

Uppmätta värden före och efter åtgärder för brf Klubbåsen redovisas i tabellen nedan.

	Före åtgärder (2012)	Beräknat värde	Efter åtgärder (2016)
Värme och varmvatten, (MWh, utan korrektion)			60,9 + 26,4 El till Värmepump
Värme och varmvatten, (MWh, normalårskorrigerad VV)	210		60,9+ 35.0 / 3.0 (25*1400/1000=35) <sup>1</sup>
Värme och varmvatten, (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	150		51,8
Fastighetsel, (MWh) exkl VP	10		10
Fastighetsel, (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	7		7
Solel totalt producerad (MWh); 38 kWp	-	-	31
Solel till fastighetsenergi (MWh)	-		9,7
Solel till Fastighetsenergi kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	-		<b>7</b>
<b>Energiprestanda, (kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>)</b>	<b>157</b>		<b>51,8</b>
Hushållsel, (kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	32	30	41,6
Tappkallvatten, (m <sup>3</sup> )	1790		1603 <sup>2</sup>
Tappvarmvatten, (m <sup>3</sup> )	716		Mätare saknas
Luftläckning, (l/sm <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	0,87	0,87	-
Frånluftsflöde vid don (l/sm <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	0,35	0,35	0,35
Frånluftsflöde vid aggregat (l/sm <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> )	500	500	500

<sup>1</sup> VV enligt Sveby 25 kWh/m<sup>2</sup>,år; Atemp 1400 kvm, COP för VV-produktion ca 3

<sup>2</sup> Osäkert värde. Avläsning från nov 2015. Mätare i låst utrymme i grannfastighet.

Verkningsgrad FTX / COP FVP	-	-	- Ingen återvinning
-----------------------------	---	---	---------------------

Brf Klubbåsen har tillsammans med en av sina entreprenörer startat elmätningar nov 2014 på värmepumpen, vilka mäter elanvändningen för produktion av värme respektive varmvatten, Växelventilen på värmepumpen styr elmätare som mäter el till VP-värme respektive VP-VV.

I samband med att 253 kvm solcellspanel, 40 kWp, med beräknad årsproduktion på 32000 kWh/år, installerades hösten 2015 kompletterades elmätning med mätare för elpannan samt summa hyresgästel.

I början av 2017 ändrade brf sitt trådlösa nätverk, vilket då gav störningar på deras trådlösa elmätssystem. 5 mars 2017 var störningarna avhjälpta. Av denna anledning har utvärderingen av byggnaden gjorts på 2016 års energianvändningar och kompletterats med analyser av solcellernas bidrag under 2017. Detaljerad redovisning från Fortum angående export samt köp av El från jan/feb 2017. Analyserna är redovisade i Bilaga 9.

## 14.1 Värmeanvändningen

I bilaga 9 är nästan 21 månaders elanvändning för värmepumpen och elpannan redovisade. 2016 har valts då det var störningar i det trådlösa mätsystemet i början av 2017. El för att producera VV är mycket hög, 26400 kWh att jmf med 25 (VV enl schablon, kWh/m<sup>2</sup>,år) \*1400 (Atemp) /3.0 (COP)= 11670 kWh/år som motsvarar normal VV-användning med värmepump. En tredjedel av värmepumpens producerade energi går till VV.

Utan en vattenmätare som mäter hur mycket kallvatten som blir varmvatten, så är det svårt att säga exakt vad den höga elanvändning till VP-VV produktion beror på. VP-VV-energin har normerats till normalt brukande.

## 14.2 Elanvändningen

Hyresgästelen har stigit med 21 %. Från 48000 kWh 2012 till 58200 kWh 2016. Del av förklaringen kan vara att hyresgästelmätarna togs bort när solcellerna togs i drift, för att få bättre avsättning för det höga soletproduktionen under sommaren.

Solcellerna har en topp effekt på 40 kWp och en beräknad årlig energiproduktion på 32 000 kWh. Den uppmätta soletproduktionen var 31000 kWh, vilket motsvarar 22 kWh/ kvm,år på den uppvärmda ytan i byggnaden. Vid kontroll vad solcellselen kan täcka timme för timme till byggnadsenergin blir det 9700 kWh motsvarande 7 kWh/kvm,år.

8923 kWh av soleten kan inte användas i byggnaden då efterfrågan inte finns samtidigt som den produceras, och måste exporteras. Med Fortums siffror på import och export finns möjlighet att fråga leverantörer om lämplig lösning. Så får man se om batterilösning är ekonomiskt motiverat. I så fall minskas byggnadens energianvändning med ytterligare några kWh/kvm,år.



## 14.3 Mervärden

Brf ser ett antal mervärden:

- Brf målsättning om minskade uppvärmningskostnader har nåtts.
- Brf ambition att vara en aktiv deltagare i klimatarbetet likaså. Flera studiegrupper har besökt oss, även från Stockholmsregionens Klimat- och Energirådgivning.
- Digitala termostater gör individuellt val av inomhustemperatur möjligt upp till en viss gräns. Flera av de boende har låtit programmera in nattsänkning i sovrummet för ökad komfort. Andra har arbetstiden inprogrammerad med lägre temperatur för att spara energi. Den som föredrar att reglera själv gör det enkelt med knapptryck på väggtermostaten. Temperaturhöjningar förs snabbt ut i rummen av radiatorfläktar.

Med de olika åtgärderna har man erhållit mindre drag, strålningsdrag samt en högre temperatur inomhus. Problemen med vatteninträning vid slagregn, som fanns tidigare har även åtgärdats, så att fuktpåverkan på golv och fönsterbänkar har försvunnit.

## 14.4 Ekonomiskt utfall

I tabellen redovisas det faktiska utfallet för investeringskostanden och energibesparingen. Framtida underhållskostnader är uppskattade.

Åtgärd	Besparing (kk./år)					Investeringskostnad	
	Värm e- energi	Värme- effekt	El	Vatten	Under- håll	Totalkostnad byggnaden (kk.)	År
<i>BVP+Isolerruta U=1.1+ elementfläktar+ digitala termostater+tätningar</i>	168		- 78,6	0	0	1306	2014
<i>BVP kompressorbyte efter 15 år</i>	0	0	0	0	0	90	2029
<i>BVP kompressorbyte efter 30 år</i>	0	0	0	0	0	90	2044
<i>Solcellsinstallation</i>	0	0	25	0	0	612 exkl.bidrag	2015

## 14.5 Lönsamhet

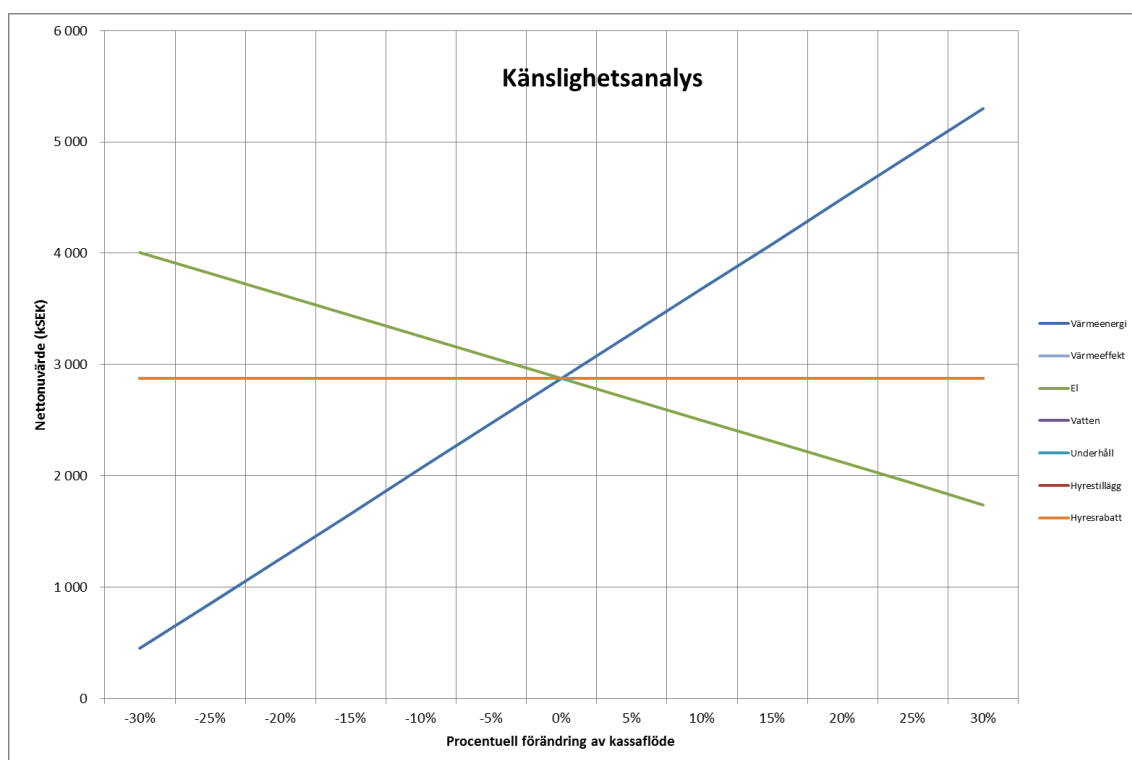
<b>BVP + tilläggsruta U=1.1 + elementfläktar + tätningar + digitala termostatventiler</b>	<b>Nettonvärde</b>	<b>Internränta</b>
Beräknad (Kap.9 Paket 3/ Figur 6)	432	3,4 %
Utfall ( Installerat )	2875	9,9 %
Utfall för solcellsinstallation	602	6,6 %

Skillnaden mellan beräknat och utfall är att Brf Klubbåsen valde att utföra de lönsamaste delarna från paket 3 i förstudien. Dvs. brf valde att

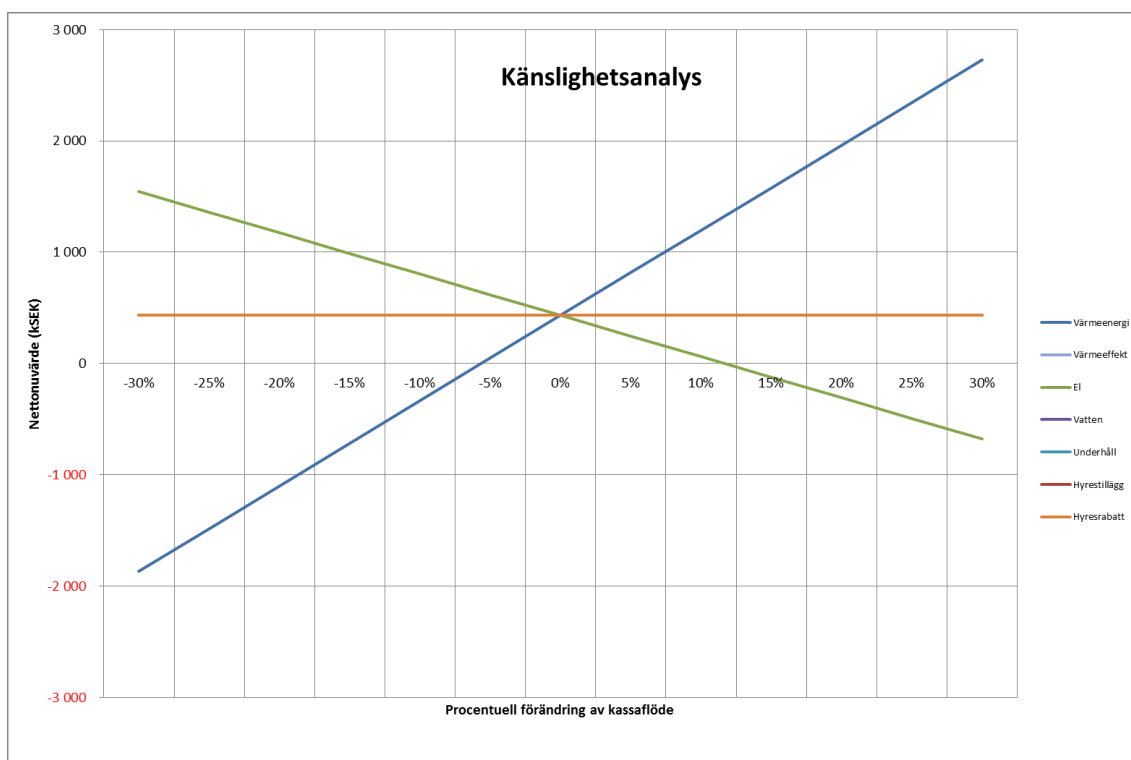
- komplettera fönstren med isolerruta med U-värde 1.1 i stället för att byta till nya energieffektiva fönster
- installera bergvärmepump.
- i stället för fasadisoleringen i paket 3, för att minska värmeeffektbehovet och därigenom temperaturnivån i värmesystemet valde brf att installera elementfläktar för att få ner temperaturnivån i värmesystemet.

Elementfläktar minskar inte lägenheternas värmebehov, men sänker temperaturnivån vid vilken radiatorerna avger värmen, för att anpassa temperaturnivån till värmepumpen. Dock sitter en fläkt på varje element som vissa boende kan uppfatta som störande i en tyst omgivning.

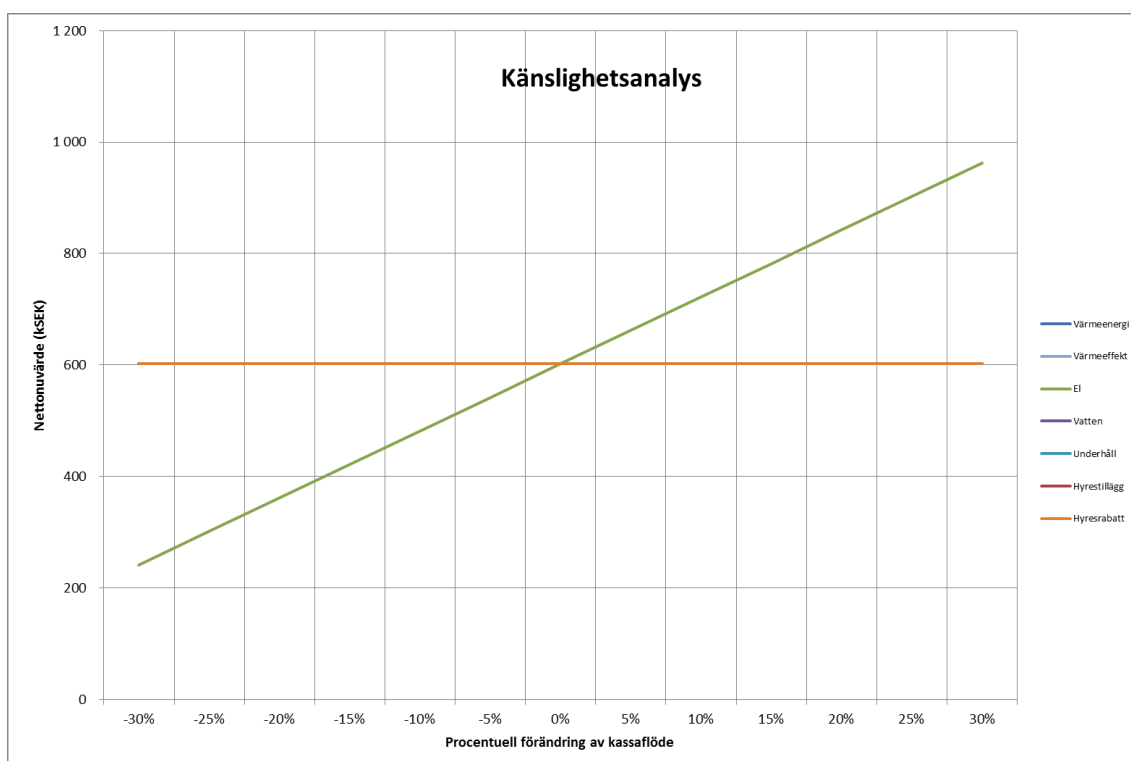
Solcellsinstallationen utförde Brf senare och därför är beräkningen av utfall utförd endast för solcellsinstallationen och dess minskning av köpt el.



Figur 22 Känslighetsanalys för utfall BVP, isolerruta och elementfläktar



Figur 23 Känslighetsanalys för beräknat resultat



Figur 24 Känslighetsanalys för solcellsinstallation

## 14.6 Inneklimat

Temperaturer har loggats vinter samt sommar i tre lägenheter och på tre nivåer: Golv, Tak samt mitt emellan, ca 1.2 m över golv. Mätdata är redovisat i Bilaga 10.

Temperaturen i lägenheterna var ca 22 °C under vintern utom en lägenhet som hade 20,5 °C. Dock är det inte känt på vilken temperatur den boende hade satt sin termostat. Temperaturen vid golv var ca 1 °C svalare än lägenhetstemperaturen.

Vädring syntes tydligt på temperaturgivaren vid golv på temperaturspik nedåt. Några temperaturgivare var solbelysta vissa perioder, vilket syntes på snabb temperaturspik uppåt.

## 15 Slutsatser

Energianvändning:

För produktion av värme används 52120 kWh el till värmepumpen samt 8784 kWh el till elpannan. Det ger att värmepumpen har en värmeenergitäckning på 85 %. Värmeenergitäckningen hade kunnat vara lite högre om varmvattenanvändningen hade varit normal. Vintern 2016 låg man på max effektuttag på elpannan under några kalla dygn. Man bör undersöka möjligheten att koppla in fler steg på elpannan. Idag nyttjas 4 steg om 3,75 kW (tot. 15 kW) av totalt 7 steg om 3,75 kW (totalt 26 kW).

El för varmvattenproduktion var 26474 kWh, vilket är dubbelt så stort som den normala varmvattenanvändningen enligt BEN (Boverket). Det betyder att en tredjedel av värmepumpens drift under ett år går till att producera varmvatten. Under vintern när värmepumpen går för fullt används 25 % av den producerade energin till varmvatten och hade varmvattenanvändningen varit normal hade det varit 12 % av den producerade energin. Hyresgästelen var 58246 kWh vilket är 21 % högre än innan energirenoeringen och 30 % över normalanvändning enligt BEN. En orsak kan vara att de boende inte debiteras för sin elanvändning.

Solcellerna har en topp effekt på 40 kWp och en beräknad årlig energiproduktion på 32 000 kWh. Den uppmätta solelproduktionen var 31000 kWh, vilket motsvarar 22 kWh/kvm,år på den uppvärmda ytan i byggnaden. Vid kontroll vad solcellselen kan täcka timme för timme till byggnadsenergin blir det totalt 9700 kWh motsvarande 7 kWh/kvm,år. Denna solel ska dras från byggnadens specifika energianvändning. Utöver det levererar solcellerna 12400 kWh som används för hyresgästernas elanvändning. 8923 kWh av solelen kan inte användas när den produceras i byggnaden och måste exporteras. Om det funnits möjlighet att lagra den energin, så hade den kunnat minska byggnadens energianvändning. Köpt el till byggnaden samt export kan ses i figur 39.

Värmesystemstemperaturer

Normalt har man ett temperaturfall på radiatorvattnet när det passerar radiatoren på 10 – 15 °C, när det är kallt ute. IVT D43 prestandadiagram har förutsättningen dt 10 °C på värmesidan och värmepumpsinstallatörer önskar 7-10 °C. Installatören av Elementfläkten har tydligen ökat flödet, så temperaturfallet är nu enbart 3-5 °C på värmesystemet i brf Klubbåsen. Detta ger ett högt värmevattenflöde, vilket innebär mer ljud från ventiler mm i radiatorsystemet.

Innan man kan använda elementfläktar i någon större utsträckning behöver man ta fram dimensioneringsförutsättningar och ljuddata för kombination med olika radiatorer.

Exempelvis om man skall sänka en framledningstemperatur från 70 °C till 55 °C.

Vilken fläkthastighet erfordras för att få ut lika mycket värmeeffekt från radiatoren vid 55 °C som vid 70 °C utan elementfläkt. Vilken ljudalstring erhålls då från elementfläkten? Vad blir konsekvensen om en boende störs av elementfläkten och slår av den?

Inneklimat

Innetemperaturen ligger runt 22 °C och det är mindre drag etc.

Köldbärartemperaturer – borrhålstemperaturer

Värmeproduktionen från värmepumpen är högre än ursprunglig bedömning, vilket ger en ökad belastning på borrhålen.

- Högre innetemperatur och varje grad innebär 5-6 % högre värmeanvändning.

- Betydligt högre varmvattenanvändning, som produceras av värmepumpen.
- Lägre framledningstemperatur sparar el, men ökar värmeuttaget från borrhålen.

Temperaturer från/till borrhålet var i slutet på vintern 0 °C/-3 °C och i början av september när temperaturen bör ha återhämtat sig i borrhålen var temperaturen 2 °C/-1 °C vilket är lägre än man skulle önska.

Orört berg har i Stockholm ca 7 °C. Värmepumpen fungerar ner till -5 °C/ -8 °C, när den stannar och inte startar förrän temperaturen har stigit.

Så den stora frågan är om temperaturen fortsätter och sjunker eller om den har stabiliserat sig. Det får man veta genom att följa temperaturerna under vintern till slutet av vintern. Om temperaturen i borrhålen blir för låg kommer värmepumpen med tiden inte att kunna leverera så mycket värme som den gör nu och behovet av tillsatsel ökar.

Om temperaturen från borrhålet fortsätter sjunka måste en återladdning installeras eller borrhålen kompletteras med extra borrhål. Olika alternativa lösningar kan vara:

- Borra ett hål till på den delen av tomten, där det inte finns ett borrhål. Detta minskar belastningen på/värmeuttaget från borrhålen med 20 %. Extra borrhål på 200 m med inkoppling kostar i storleksordningen 60 000 – 70 000 kr och befintlig installation används.
- Frånluftsåtervinning till köldbäraren, återladdar borrhålet hela året. Dock är det en dyr lösning, men det är många som använder den. Ett problem är att otäta frånluftskanaler på vinden bör åtgärdas, vilket är en underhållsåtgärd.
- Kylmedelskylare (uteluftkonvektor) hämtar värme ur uteluften, så länge uteluften är varmare än köldbäraren (borrhålet). Där behöver man beakta ljud till omgivningen. Ger återladdning under sommarhalvåret.
- En enkel solfångare skulle även kunna användas, men då får man vara försiktig så att Köldbärartemperaturen till värmepumpen inte blir för hög, så att värmepumpen stannar pga. av hög köldbärartemperatur. (>15 °C)
- Föreningen funderar även på att installera en uteluftsvärmepump för att låta bergvärmepumpen vila under sommaren, för att borrhålstemperaturen ska stiga. Det är då viktigt att det finns en standardiserad styrning för befintlig värmepump och eventuell ny uteluftsvärmepump så deras växelventiler står rätt samt att den tillkommande utrustningen ryms i det befintliga värmepumpsrummet. Vidare ska man ha samma installations- och serviceföretag för båda värmepumparna. Annars finns risken att problem med ej fungerande eller krånglande värme- och varmvattenproduktion beror på den andra värmepumpen/ företaget!

Varmvatten bereds och lagras i varmvattenberedare där värmekällan reglerar on/off, dvs. när temperaturen har fallit till mininivå, slår värmekällan på och värmer till varmvattenberedaren när sin max-temperatur då slår den ifrån.

Uteluftsvärmepumpen placeras ute och värmevattnet dras ut till uteluftsvärmepumpen, så går inte uteluftsvärmepumpen kontinuerligt under vintern måste det finnas en varmhållning av värmevattnet till uteluftsvärmepumpen för att förhindra frysning. Vid strömavbrott eller annat fel vintertid föreligger

frysrisk på det värmevattnet med risk att något fryser sönder i uteluftsvärmepumpen. Detta ger vissa energiförluster även när uteluftvärmepumpen står still

Under sommaren 2017 har det varit 50 timmar med en högre varmvattenproduktion än 20 kWh/timme. Den högsta varmvattenproduktionen har varit ca 35 kWh/timme. Då räcker det inte med en uteluftsvärmepump på 20 kW utan man behöver två uteluftsvärmepumpar eller så måste även den befintliga bergvärmepumpen också producera varmvatten.

## Bilagor

### 16 Bilaga 1 – Beräkningsindata Nuläge

Här visas beräkningsindata till energiberäkningen av utgångsläget

		<b>Klubbacken 25</b>	
		Före åtgärd	Efter åtgärds paket 3
$A_{temp}$	$m^2$	1605	1605
$A_{om}$ , Omslutande area mot ute och ouppvärmda utrymmen	$m^2$	2108	2108
Glasarea (Obs ej fönsterarea)	$m^2$ Norr	24	24
	$m^2$ Öster	27	27
	$m^2$ Söder	25	25
	$m^2$ Väster	30	30
U-värden och areor:	$W/m^2K / m^2$		
Yttervägg	$W/m^2K / m^2$	0,51 & 0,43	0,15
Källarvägg	$W/m^2K / m^2$	3,0	0,25
Tak/vindsbjälklag	$W/m^2K / m^2$	0,45	0,45
Fönster	$W/m^2K / m^2$	2,7	1,0
Grund/golv	$W/m^2K / m^2$	4,3	4,3
Dörrar	$W/m^2K / m^2$	2,7	2,7
Köldbryggor	W/K	265	167
Ventilation, grundflöde	$l/sm^2$	0,35	0,35
Specifik luftläckning, vid 50 Pa	$l/m^2,s$		
Tappvarmvatten	kWh/år	40 000 <sup>3</sup>	0 <sup>2</sup>
Hushållsel	kWh/år	48 000 <sup>1</sup>	48 000 <sup>1</sup>
Fastighetsel	kWh/år	15 000 <sup>3</sup>	15 000 <sup>3</sup>

Ange hur informationen tagits fram:

- 1) Uppmätta värden
- 2) Beräknade värden
- 3) Antagna värden
- 4) Uppgifter från .....



## 17 Bilaga 2 – Beräkningsindata Referensfall

Här visas beräkningsindata till energiberäkningen av referensfallet (utgångsläge)

		<b>Klubbacken 25</b>	
		Före åtgärd	Efter åtgärds paket 3
$A_{temp}$	$m^2$	1605	1605
$A_{om}$ , Omslutande area mot ute och ouppvärmda utrymmen	$m^2$	2108	2108
Glasarea (Obs ej fönsterarea)	$m^2$ Norr	24	24
	$m^2$ Öster	27	27
	$m^2$ Söder	25	25
	$m^2$ Väster	30	30
U-värden och areor:	$W/m^2K / m^2$		
Yttervägg	$W/m^2K / m^2$	0,51 & 0,43	0,15
Källarvägg	$W/m^2K / m^2$	3,0	0,25
Tak/vindsbjälklag	$W/m^2K / m^2$	0,45	0,45
Fönster	$W/m^2K / m^2$	2,7	1,0
Grund/golv	$W/m^2K / m^2$	4,3	4,3
Dörrar	$W/m^2K / m^2$	2,7	2,7
Köldbryggor	W/K	265	167
Ventilation, grundflöde	$l/sm^2$	0,35	0,35
Specifik luftläckning, vid 50 Pa	$l/m^2,s$		
Tappvarmvatten	kWh/år	40 000 <sup>3</sup>	0 <sup>2</sup>
Hushållsel	kWh/år	48 000 <sup>1</sup>	48 000 <sup>1</sup>
Fastighetsel	kWh/år	15 000 <sup>3</sup>	15 000 <sup>3</sup>

Ange hur informationen tagits fram:

- 1) Uppmätta värden
- 2) Beräknade värden
- 3) Antagna värden
- 4) Uppgifter från .....

## 18 Bilaga 3 – Beräkningsindata Investeringsalternativ

Här visas beräkningsindata till energiberäkningen av investeringsalternativet (Paket 3)

		<b>Klubbacken 25</b>	
		Före åtgärd	Efter åtgärds paket 3
$A_{temp}$	$m^2$	1605	1605
$A_{om}$ , Omslutande area mot ute och ouppvärmda utrymmen	$m^2$	2108	2108
Glasarea (Obs ej fönsterarea)	$m^2$ Norr	24	24
	$m^2$ Öster	27	27
	$m^2$ Söder	25	25
	$m^2$ Väster	30	30
U-värden och areor:	$W/m^2K / m^2$		
Yttervägg	$W/m^2K / m^2$	0,51 & 0,43	0,15
Källarvägg	$W/m^2K / m^2$	3,0	0,25
Tak/vindsbjälklag	$W/m^2K / m^2$	0,45	0,45
Fönster	$W/m^2K / m^2$	2,7	1,0
Grund/golv	$W/m^2K / m^2$	4,3	4,3
Dörrar	$W/m^2K / m^2$	2,7	2,7
Köldbryggor	W/K	265	167
Ventilation, grundflöde	$l/sm^2$	0,35	0,35
Specifik luftläckning, vid 50 Pa	$l/m^2,s$		
Tappvarmvatten	kWh/år	40 000 <sup>3</sup>	0 <sup>2</sup>
Hushållsel	kWh/år	48 000 <sup>1</sup>	48 000 <sup>1</sup>
Fastighetsel	kWh/år	15 000 <sup>3</sup>	15 000 <sup>3</sup>

Ange hur informationen tagits fram:

- 1) Uppmätta värden
- 2) Beräknade värden
- 3) Antagna värden
- 4) Uppgifter från .....

## **19 Bilaga 4 – Diagram BeBo Lönsamhetskalkyl**

Diagram för de olika lönsamhetsberäkningarna för Nuvärde, Resultat och Kassaflöde.

Äldre BeBo-metod användes i förstudierapporten som redovisades september 2013, vilken redovisas i kapitel 9.1 och 9.2.

## 20 Bilaga 5 – Bilder

Aktuella bilder på utsida, invändigt och installationer.



Fasad



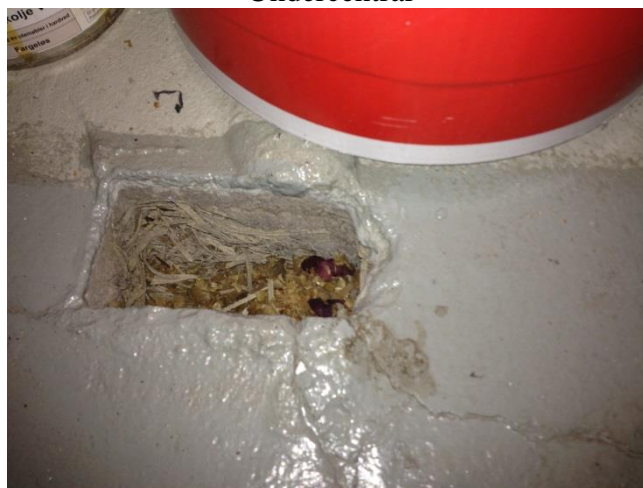
Tvättstuga. Utblås från torktumlare



Kallvind. Ytliga skador från fukt



Undercentral



Vindsbjälklag



Fuktfläckar på fasad

## 21 Bilaga 6 – Ifylld checklista

### Checklista för faktaisamling i Rekorderlig renovering Klubbacken 25, Brf Klubbåsen

Denna checklista specificerar den information om byggnaden som behövs för att kunna göra en korrekt utvärdering och redovisa objekten på ett likartat sätt.

Information och ev. kommentarer kan fyllas i under varje punkt i detta blad, med hänvisning till bilagor. Vid ansökan om fortsättning med genomförande av åtgärder kan viss ytterligare information komma att krävas.

Checklistan fokuserar på att vara underlag för bedömning och beräkning av energiåtgärder, men det förutsätts att byggnaden inte är behäftad med andra problem som inte åtgärdas eller skapas i samband med projektet och som kan göra det olämpligt som ett demonstrationsprojekt. Detta kan t.ex. vara problem med fukt och mögel, ventilation, legionella, miljöstörande ämnen m.m. Skaderiskerna ska bedömas och utredas vid behov.

**Fastighetsbeteckning:** Ulla Winblad 8  
**Adress:** Klubbacken 25, 12939 Hägersten  
**Fastighetsägare:** Brf Klubbåsen i Hägersten  
**Förvaltare:** Styrelsen i Brf Klubbåsen  
**Antal byggnader som ingår:** 1  
**Byggnadsår:** 1944

**Foton på byggnaden: N, Ö, S och V**  
Bifogas \_\_\_\_\_

#### Arkivhandlingar

##### Ritningar som bifogas:

Situationsplan \_\_, Planer \_\_, Sektioner \_\_, Fasader \_\_, Konstruktionsdetaljer klimatskärm \_\_, VVS-system \_\_, Teknisk beskrivning \_\_.

#### Byggnadstyp och läge

Friliggande punkthus

#### Antal våningsplan i byggnaden

Även halvplan – kommentera i så fall

Ovan mark inklusive markplan och inredd vind **6 st**

Under mark inklusive suterräng; i så fall antal bostadslägenheter i källarplan/suterrängvåning? 0

#### Antal trappuppgångar:

En trappuppgång

#### Fördelning av antal lägenheter:

11 st ettor, 8 st tvåor, 3 st treor, 1 st fyra

**Antal personer som bor i huset?**

Ca 35 personer

**Finns uppvärmt garage i anslutning till huset?**

Nej

**Finns källare och är den uppvärmd?**

76 m<sup>2</sup>, 9 °C vid 0 °C utomhus.

Area, vintertid uppvärmd till minst  
Till uppvärmd källare räknas inte pannrum, tvättstuga, torkrum och liknande som blir uppvärmt av spillvärme från utrustningen. Värms dessa utrymmen med radiatorer bör de dock räknas som uppvärmda.

**Vilka rumstyper finns i källaren?**

Förråd

**Finns vind och är den uppvärmd?**

Kallvind

**Vilka rumstyper finns på vinden?**

Förråd

**Finns gemensam tvättstuga i den aktuella byggnaden?**

Gemensam för alla lägenheter

**Finns lokaler och verksamhet?**

Föreningslokal för möten, övernattning etc. 45m<sup>2</sup>

**Uppmätta areor eller tillförlitliga ritningar**

1605m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>

BOA 1120m<sup>2</sup>

Golvareor; källare eller grund, lägenhetsplan, vind (de areor som finns) + A<sub>temp</sub>  
Fasadarea: Ytterväggsarea (invändig), fönsterarea och dörrarea allt per väderstreck

Väst: Yttervägg 365m<sup>2</sup> Fönster&dörr 37m<sup>2</sup>

Öst: Yttervägg 338m<sup>2</sup> Fönster&dörr 34m<sup>2</sup>

Norr: Yttervägg 210m<sup>2</sup> Fönster&dörr 30m<sup>2</sup>

Söder: Yttervägg 212m<sup>2</sup> Fönster&dörr 31m<sup>2</sup>

Källaryttervägg (invändig) ovan mark 140m<sup>2</sup>

**Vilken är den huvudsakliga rumshöjden?**

I lägenheterna 2.70m , källare 2.20m , vind 3m

**Byggnadens exponering av sol**

Till stor del exponerad.

**Byggnadens exponering för vind**

Helt fritt

**Genomförda ombyggnader/ändringar/förbättringar jämfört med original, som påverkar energianvändningen**

- Frånluftsfläkt utbytt för 3 år sen
- Anslutning till fjärrvärme 90-talet
- Termostatventilar 90-talet

**Finns det idag behov av ombyggnader/ändringar?**

- Vilka i så fall, om de är inplanerade, orsak och omfattning
- Byte av fönster i hela huset på grund av drag och kallras.

Mätare och mätningar före ombyggnad

**Finns separat mätare för den aktuella byggnadens totala användning av energi till uppvärmning, dvs till värmesystem (dvs till radiatorer, luftvärmare el liknande)?**

Ja inkl. tappvarmvatten

**Finns separat mätare för den aktuella byggnadens totala användning av fastighetsel?**

Ja

**Finns separat mätare för den aktuella byggnadens totala användning av hushållsel?**

Nej

**Finns separat mätare för den aktuella byggnadens totala användning av kallvatten?**

Ja

**Finns separat mätare för den aktuella byggnadens totala användning av varmvatten?**

Nej

**Mäts varmvatten, kallvatten, värme eller hushållsel individuellt per lägenhet?**

Nej

**Om värme- och tappvatten mäts per lägenhet; utnyttjas mätningarna för debitering?**

Nej

**Tryckprovning – vilken omfattning alla lägenheterna eller stickprov. Kolla så att man kan komma in och göra samma provning efter ombyggnaden. Avtal/kontrakt måste finnas så att inte den första provningen blir värdelös.**

Stickprov i en taklägenhet

**Termografering**

Stickprov i 3 lägenheter

**Luftflöden (totala luftflöden) kan ev. tas från OVK-protokoll)**

Saknas i dagsläget

Viktigt att mätningarna görs rätt så att de blir tillförlitliga. T ex kalibrering av mätare.



Teknisk beskrivning av klimatskärm och stomme

*Grund*

**Vilken huvudsaklig typ av mark är byggnaden grundlagd på?**

Berg

**Byggnadens grundkonstruktion/er?**

Källare

**... vilken typ i så fall? Uppvärmd källare**

Plintar och mellanliggande gjuten platta

**... beskriv skikten i platta på mark eller källargolv.**

från insida till dränerings- och kapillärbrytande skikt på utsidan

Tjocklek	Material

Se upp med att äldre hus ibland bara har randisolering dvs 0 – 6 m.

**... är betongplattan kantisolerad?**

**... finns horisontella markskivor utanför grundplattan?**

*Nej*

**... misstänks bjälklaget vara lufttätt, t.ex. vid genomföringar?**

*Nej*

**... beskriv skikten i källarväggarna under mark:**

från insida till dränerings- och kapillärbrytande skikt på utsidan

Tjocklek	Material
280 mm	Betong

**... beskriv skikten i källarväggarna ovan mark:**

Från insida till utsida

Tjocklek	Material
280 mm	Betong
20 mm	Puts

**... och är den uppvärmd beskriv bjälklagets skikt ovan uppvärmd källare:**

Från undersida till ovansida

Tjocklek	Material

*Ytterväggar*

**Är ytterväggarna prefabricerade?**

Betongelement, utfackningsväggar etc

Nej

**Beskriv skikten i ytterväggarna på långsidorna**

Från insida till utsida

Tjocklek	Material
10 mm	Puts
250-300mm	Lättbetong
20 mm	Puts

**Beskriv skikten i ytterväggarna på gavlarna**

Från insida till utsida

Tjocklek	Material
10 mm	Puts
250-300 mm	Lättbetong
20 mm	Puts

**Har någon av ytterväggarna fasadtegel som utsätts för slagregn?**

Nej

**Har någon av ytterväggarna en putsad oventilerad odränerad träregelvägg?**

Nej

**I vilket skick är ytterväggarna – långsidor och gavelväggar?**

T ex i tegelväggar kan det röra sig om frostsprängningar, dåliga fogar, armeringskorrosion, kramlornas skick, sättningsprickor.

Ytterväggarna är i bra skick, fuktskador i ett hörn av cykelrum

*Takkonstruktion*

**Byggnadens takkonstruktion?**

Kall vind och kallt tak

**Vilken huvudsaklig takform har byggnaden?**

Sadeltak

**Beskriv skikten i ett eventuellt vindsbjälklag till kall vind samt yttertaket**

Från undersida till översida

Tjocklek	Material
30 mm	Betong
50 mm	Glasulls- matta/träullski va
170 mm	Betong

**Beskriv skikten i ett eventuellt varmt eller parallelltak**

Från undersida till översida

Tjocklek	Material

**Hur ventileras kallvind?**

Längs med takfot

**Finns genomföringar genom vindsbjälklag eller varmt tak som bedöms som stora köldbryggor eller läckage?**

Taklucka från kallvind

Vindslucka från trapphus

*Stomme*

**Vilken huvudsaklig typ av bärande konstruktion har byggnaden?**

Cellstomme med utfackningsväggar av lättkonstruktion, tegelmurskonstruktion, pelare av betong med utfackningsväggar av lättkonstruktion osv

*Övriga stomkompletteringar*

**Finns balkonger – och i så fall hur bärs de?** 21 stycken balkonger, utkragning av bjälklag utan intermitterent isolering.

Fönster

**Vilka fönstertyper förekommer. Anges i väderstreck N, Ö, S, V**

Kopplade 2-glas, öppningsbara på samtliga våningsplan i alla väderstreck.

Aluminiumklädnad på utsida

**Finns solavskärmning?**

Invändiga persienner i en del lägenheter.

**Vilken kvalitet har lufttätning mellan karm/båge/yttervägg?**

Vissa otätheter finns i drevning och tätningslister

**I vilket skick är fönstersnickerierna?**

Vissa utan synliga fel, andra skadade

Våtrum

**Finns badkar?**

6 badkar 17 duschar

Inför eventuellt byte till dusch

**Finns tvätt- och torktumlare i badrummen?**

Nej

**Förekommer tvättmaskiner i varje lägenhet?**

Nej

**Finns handdukstorkar i badrummen?**

Anslutna till el

Uppvärmning

**Vilka värmekällor har byggnaden?**

Fjärrvärme

**Om det finns en förbränningspanna, vad kan den eldas med?**

Nej

**Har byggnadens egen undercentral/pannrum eller försörjs den via kulvert?**

Egen undercentral

**Isoleringsstandarden på den markförlagda kulverten?**

**Hur många rör går i kulverten?**

**Hur stort är avståndet från byggnaden till undercentralen?**

**Om värmepump, var hämtar den energi ifrån?**

**Om värmepump, ange kompressorstorlek**

*Vattenburet distributionssystem*

**Är systemet ett 80-60 eller 55-45°C-system?**

**På vilket/vilka sätt regleras framledningstemperaturen?**

Automatiskt via utegivare

**Cirkulationspumpens effekt, ålder och skick?**

17 år

**Vilka styrfunktioner har cirkulationspumparna?**

Inga

**Finns staminjusteringsventiler?**

**När injusterades värmesystemet för rumsvärmning senast?**

Troligen -96

**I vilken utsträckning är värmeledningarna i huset isolerade?**

Ganska lite

**Var är stammarna till värmesystemet i huvudsak förlagda?**

Innanför yttervägg

**Hur värms badrummen?**

Radiator ansluten till värmesystem.

*Vattenburna rumsvärmare*

**Vilken typ av vattenburna värmare finns i byggnaden?**

Radiatorer

**Vilken typ av rumsventiler finns för lokal reglering/styrning av värmeavgivningen?**

Termostatventiler

**Hur stor andel av radiatorerna har termostatventiler?**

100 %

**Hur gamla är termostatventilerna?**

Minst 15 år

**Om det finns vattenburen golvvärme, hur stor del av golven?**

**Om det finns vattenburen golvvärme, hur regleras den?**

*Direktverkande el*

**Vilken typ? Var?**

Elgolvvärme i en lägenhet på bottenplan

**Hur regleras dessa?**

Manuellt, en termostat per radiator, central reglering för flera rum etc

**Hur styrs regleringen av elvärmen?**

Programmerbart med dygns-/veckour, Reglering efter utetemperatur etc

*Luftburen värme*

**Om luftburen värme, vilken typ?**

Tappvarmvatten

**Hur sker beredning av tappvarmvatten?**

Gemensamt för hela byggnaden

**Vilka värmekällor används för tappvarmvattenberedning**

Fjärrvärme

**Hur begränsas utgående tappvarmvattentemperatur?**

Separat ställdon

**Finns varmvattencirkulation?**

Ja

**VVC-pumpens effekt, ålder och skick?**

Troligen från -96

**Finns och används elkabel för varmhållning av vattenledningarna?**

Nej

**Är tappvarmvattenledningarna i kalla utrymmen eller i schakt värmeisolerade?**

Ja helt, delvis, samisolerade med VVC-ledningarna etc

**Huvudsakliga typer av armaturer för tappvatten?**

Engreppsblandare

Akkumulatortank och förrådsberedare

**Finns ackumulatortankar för värmevatten och/eller tappvarmvatten i byggnaden?**

Nej

**Är ytemperaturen på förrådsberedare eller ackumulatortank på någon del varmare än 45°C?**

Nej

**Hur är tankarna huvudsakligen orienterade? saknas**

**Temperaturer i ackumulatortanken?**

Ventilation

**Vilka typer av ventilationssystem finns i byggnaden?**

Mekaniskt F-system med fläkt på taket.

**Finns godkända OVK-protokoll?**

Saknas

**Datum för senaste OVK?**

2003?

**Vilken typ av fläkt/fläktar finns och hur gamla är de?**

Bakåtböjda, framåtböjda, direkt- eller remdrift

**Ange installerad motoreffekt till respektive fläkt?**

Mäts

**Ventilationsflödet genom respektive fläkt?**

Mäts

**Styrs ventilationsflödet centralt på något sätt?**

Uttemperaturstyrd

**På vilket sätt sker flödesregleringen?**

Strypning med spjäll

**I vilken omfattning är styr- och reglerystemen för ventilationssystem datoriserat?**

Inte alls

Rumssystem

**Om det finns uteluftsventiler vilka reglerande egenskaper har de?**

Manuella

**Uteluftsventilernas placering, gäller endast S-, F-system**

Ventil i övre fönsterbåge

**Vilken typ av frånluft finns i köket?**

Fläkt med kolfilter och cirkulationsluft utan kanalanslutning  
Gemensam kanal, ansluten till fläkt på taket

**Vilken huvudsaklig typ av frånluft finns i våtrum?**

Gemensam kanal, ansluten till fläkt på taket

Elutrustning (ej fläktar)

**Vilken typ av elsystem finns i byggnaden?**

**Används el för att värma följande? Nej**

Stuprör/hängrännor, elfilm på fönster, bjälklagskanter, takbrunn, garageuppfart etc

**Huvudsaklig typ av belysning i trapphus, garage och gemensamma utrymmen?**

Lågenergilampor och lysrör

**Hur styrs belysningen i trapphus, garage och gemensamma utrymmen?**

I trapphus, alltid på, övrigt manuellt.

**Ange typ av belysning i trapphus, garage, etc**

Lågenergilampor, lysrör.

**Hur styrs belysningen i respektive del?**

Manuell on/off

**Finns hissar i byggnaden och i så fall hur många, gamla och av vilken typ?**

En hiss från 1944, renoverad och ny motor ca år 2008.

**Finns utomhusbelysning och i så fall i vilken omfattning, typ och styrning?**

2 lyktstolpar, styrs av ljusrelä.

**Finns extra värmekällor i byggnaden för att upprätthålla komfort? T ex komfortgolvvärme i enstaka rum**

I ett enda vardagsrum på bottenvåningen.

**Finns motorvärmare?**

Nej

Inneklimat

**Vilken rumstemperatur försöker förvaltaren hålla i lägenheterna?**

21 grader

**Har inneklimatet undersökts med boendeenkät?**

Ja, för 1,5 år sedan. Temperaturen varierade mellan 17 & 22 grader, inte enbart beroende av våningsplan.

**Mottagna synpunkter från brukarna på luftkvalitén**

Ibland oförklarligt matos

**Mottagna synpunkter från brukarna på det termiska klimatet**

Drag från fönster generellt och kalla golv på bottenplan mot källare.

## 22 Bilaga 7 – Termografi & Täthetsprovning

Från förstudierapport feb 2015.

Klubbacken 25

Utförd av: Per Levin & Reine Holt, Projektengagemang  
AB

### Förutsättningar

Provningsdag:	2013-04-12
Utetemperatur:	8°C
Inomhustemperatur:	22°C
Väderlek:	Mulet
Tryckdifferens Inne-ute	-20Pa (vid termografering i lägenhet)
Utrustning:	Värmekamera Fluke Ti10 Minneapolis Blowerdoor A0234 med tryck- mätare
Fluke Ti10 serienr:	Ti-10-08110049
Emissivitet:	0.95
Lins:	20mm
Funktion:	Bild i bild



## 22.1 Metod

En termografering utfördes i tre lägenheter varav ena under -20Pa forcerat undertryck. Syftet med termograferingen är att hitta luftläckning och köldbryggor i klimatskärmen. Termograferingen utfärdades även utvändigt.

Hänsyn har tagits till falska reflektioner och att byggmaterialens värmekapacitet kan jämna ut ytemperaturen.

Redovisade bilder är tagna med bild i bild funktion där ljusare och mörkare färger kan tolkas som varmare respektive kallare ytor.

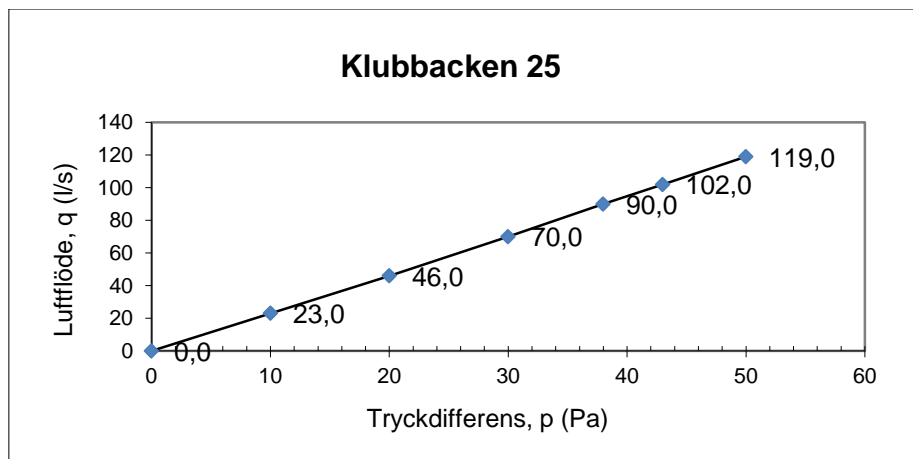
Täthetsprovningen utfördes i en etagevåning med öppen spis på övervåningen, spjällets otäthet i stängt läge bidrog till luftläckningen.

Areorna:

- Tagna från bygghandlingar daterade **1992-10-19**.
- Klimatskärmens omslutande area är **137m<sup>2</sup>**

## 22.2 Resultat från tryckprovning

- Byggnadens luftläckage blev vid **-50 Pa, 0,87 l/s m<sup>2</sup><sub>Aom</sub>**



Figur 25 Uppmätt läckflöde vid olika tryckdifferenser.

### 22.2.1 Slutsats

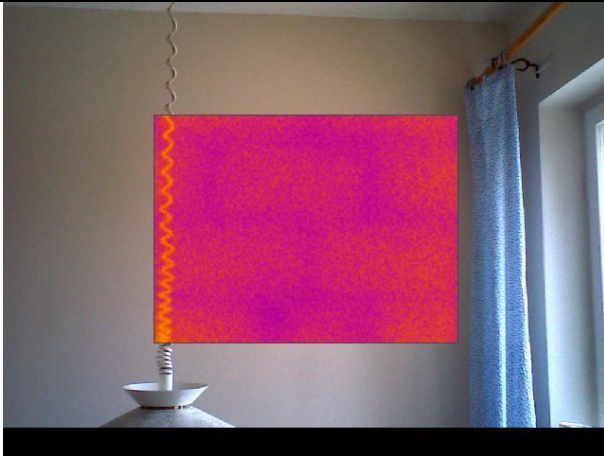

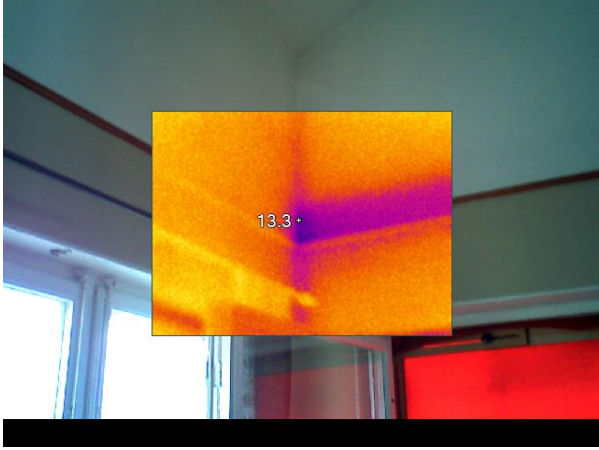
Provtryckningen utfördes med bra resultat för klimatskärmens täthet. Med tanke på den öppna spisens otätheter blev läckageresultatet lägre än väntat.



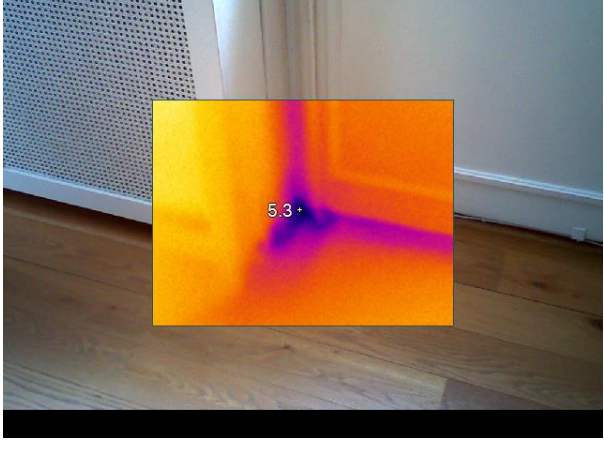
Termograferingen visade på tydliga köldbryggor vid bjälklagskanter och otätheter vid balkongdörrar och fönster. Inga större läckage konstaterades utöver det som redovisas.

Danderyd 2013-05-02

Reine Holt  
Projektengagemang Energi & Klimatanalys AB

## 22.3 Termografering

	<p>Mellanvägg</p> <p>Yttervägg utav murblock</p>
	<p>Golv vid balkongdörr</p> <p>Fuktmärken på parkettgolv och luftinläckning</p>
	<p>Bjälklag etagelägenhet</p> <p>Tydlig köldbrygga vid bjälklagskant</p>

 A thermal image showing a window with a value of 9.7. The image is overlaid on a photograph of a desk with a computer monitor and keyboard. The window shows a bright yellow/orange area, indicating high heat loss.	<p>Öppningsbara 2-glasfönster Otätheter i tätningslist och drevning</p>
 A thermal image showing a window with a value of 7.0. The image is overlaid on a photograph of a window sill and frame. The window shows a bright yellow/orange area, indicating high heat loss.	<p>Öppningsbara 2-glasfönster Otätheter i tätningslist och drevning</p>
 A thermal image showing a balcony door with a value of 5.3. The image is overlaid on a photograph of a wooden floor and a white wall. The door shows a bright yellow/orange area, indicating high heat loss.	<p>Fransk balkong etagevåning Otät balkongdörr</p>

## 23 Bilaga 8 Utvärdering potential återladdning borrhål

BeBo-rapport redovisad maj 2017

### 23.1 Sammanfattning

Återladdning av borrhål kan behövas om temperaturnivån i borrhål blir för låg under vintern samt att borrhålstemperaturen inte återhämtar sig under sommaren. Dvs. att borrhålslagret har en obalans i uttag och ”naturlig” återladdning.

Orsaken kan vara att:

- vid utbyte av värmepump erhålls effektivare värmepump, som tar ut mer värme från berget
- det finns andra borrhål i närområdet som sänker temperaturen på berget
- det har blivit förändrade förutsättningar, så mer värme tas ur berget.

Först och främst behövs temperaturerna från borrhålet tas fram i slutet av uppvärmningssäsongen (feb/mar) och hur snabbt temperaturen återhämtar sig under sommaren (jul/aug).

Finns det en grundvattenströmning förbi borrhålen är den positiv för naturlig återladdning, men negativ för egen återladdning för då stannar inte den återladdade värmen kvar vid borrhålen. För att få ett bättre underlag för beslut behöver man följa temperaturen från borrhålen under många år.

Om borrhålen längd skulle vara för liten, så balans i uttaget av värme ur berget inte erhålls inom något år kan komplettering med ett borrhål vara en möjlighet. Finns ingen återvinning av värmen i frånluften kan komplettering med en återvinning ur frånluften och låta den höja temperaturen på inkommande köldbärare till värmepumpen vara en annan.

Om det endast är återladdning under sommarhalvåret kan kylmedelskylare (uteluftskonvektor) användas för att hämta värme från uteluften eller en enkel poolsofångare om utrymme finns.

Om installerad värmeeffekt skulle vara för liten kan effekten på spetsvärmen (elpannan) ökas under förutsättning att tillgänglig elström är tillräcklig etc.

### 23.2 Syfte och Mål

Syftet med denna rapport är att belysa potential att återladda borrhål.

Dvs. finns det behov av återladdning av borrhålen, vilken effekt får en återladdning samt exempel på olika sätt att återladda borrhål.

### 23.3 Värmepumpens funktion

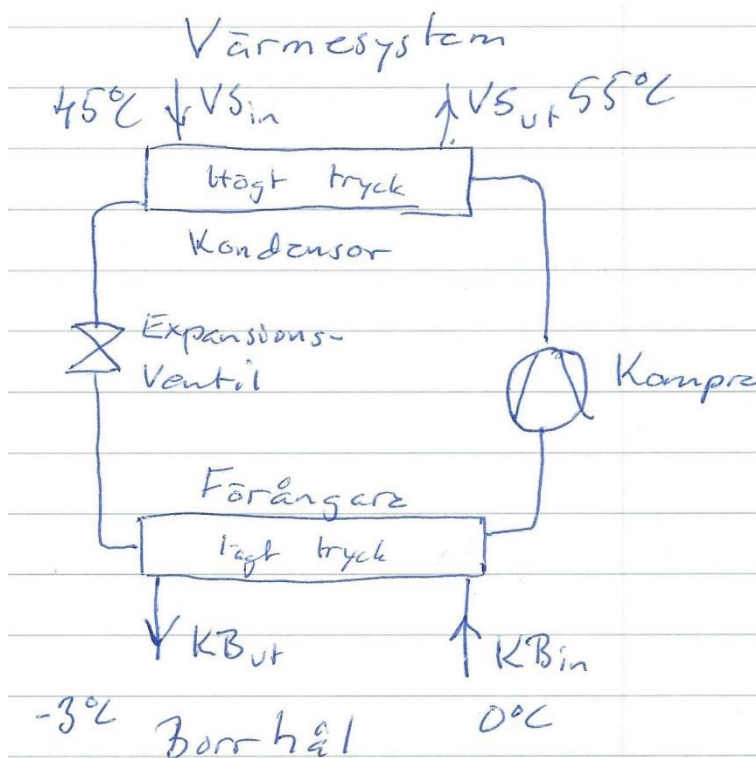
På samma sätt som att vattnets kokpunkt är beroende av vattnets tryck (47 kPa 80 °C; 101 kPa (1 atm) 100 °C; 199 kPa 120 °C) har köldmedier i värmepumpar. Köldmediet i värmepumpen är bl.a. valt för att värmepumpen skall kunna hämta värme från en låg temperatur (borrhål, uteluft, frånluft) och avge vid en hög temperatur (värmesystem, tappvarmvatten). Det är ångbildningsvärmesystemet vid förångning och kondensering som ger huvuddelen av värmeöverföringen.

Nedan ges ett exempel på vilka temperaturer som kan erhållas i värmepumpen, men i det verkliga fallet är det beroende på bl.a. köldmedier och design av värmepumpen.

I en bergvärmepump är trycket i förångaren så lågt att köldmediet kokar vid -10 °C. Då kommer köldbäraren i borrhåls slangarna som har en temperatur på 0 °C avge värme till förångaren så att köldmediet kokar och blir en gas som kompressorn höjer trycket på så att dess kokpunkt ökar till 60 °C. När köldmediet kokar och upptar värme från köldbäraren i borrhåls slangen sänks köldbärarens temperatur med ca 3 °C (2-4 °C).

När köldbärargasen (60 °C) kommer in i kondensorn, vilken kyls av värmesystemets vatten som håller 45 °C kondenserar gasen och blir vätska. Kondensorn värmer höjer temperaturen på värmesystemet från 45 °C till 55 °C. Därefter går köldmedievätskan genom expansionsventilen för att sänka trycket, så den återigen kan uppta värme i förångaren med en köldmedietemperatur på -10 °C.

Värmepumpen är beroende av att ha en temperaturdifferens mellan köldmediet och värmesystem/köldbärare, för att värme skall kunna överföras i kondensorn respektive förångaren. Det är därför som temperaturnivåerna är viktiga för värmepumpens funktion.



Figur 26 Schematisk skiss över värmepumpens funktion

## 23.4 Objektsbeskrivning

Brf Klubbåsens byggnad på Klubbacken 25 är uppförd på en bergsluttning i Hägersten, vid Mälaren söder om Stockholm. Byggnaden uppfördes 1944 som punkthus, består av 5 våningar samt källarvåning och innehåller 23 lägenheter. Atemp är ca 1400 kvm.

### 23.4.1 Beskrivning av byggnaden

Fastigheten hade tidigare fjärrvärme vilket ersattes våren 2014 med bergvärme med elpanna för spetsvärme. Nytt VA-system installerades runt -96 och en ny frånluftsfläkt är installerad på taket sedan 2010.

Ytterväggen är av lättbetong med utvändig puts, 2-glas originalfönster som är kompletterad med en platsmonterad tilläggsisolerruta. Ventilationen är utetemperaturstyrd där givaren i nuläget är placerad i söderläge.

Hissen är från 1944. Hisskorgsrenovering och motorbyte utfördes 2008.

Utomhus har fastigheten 2 lyktstolpar som är ljusstyrda.

### 23.4.2 Byggnadsteknik

Beskrivning av byggnadsteknik och material som ursprungligen använts, och vad som ändrats sedan dess och när.

Stomme	Bärande mellanväggar med 250 betongmurblock.
Vindsbjälklag	30 betong 50 glasullsmatta/träullskiva 170 betong
Ytterväggar	Källarvägg: 280 betong Våning 1: 20 utvändig puts 300 lättbetong Våning 2-4: 20 utvändig puts 250 lättbetong
Fönster	Kopplade 2-glas kompletterad med invändig tilläggsisolerruta samt har aluminiumbeklädda ytterbågar
Balkonger	Balkonger av utkragande betongplatta och korrugerad plåt i bröstning
Källargolv	100 mm betong

Montering av isoleringsglas invändigt på fönstrens innerbåge kompletterat med nya icke helt stängningsbara ventiler samt tätning mellan karm och vägg.

### 23.4.3 Installationsteknik

Systembeskrivning av tekniska installationer.

Ventilation	Mekaniskt frånluftssystem med utetemperaturstyrning. Ny frånluftsflykt på taket installerades 2010.
Uppvärmning	Våren 2014 installerades en värmepump IVT HE D43 kompletterad med 26 kW (15 kW inkopplat) elpanna för elspets, radiatorsystem med elementfläktar och digitala termostatventiler.
Tappvarmvatten	VVC från VP rum (f.d. undercentral) på bottenplan
Solceller på taket	Solceller 253 kvm i öst – västlig riktning beräknades ge 32000 kWh drifttogs 1 okt 2015. Första året gav solcellerna 31000 kWh.



Figur 27 Situationsplan över borrhål till Brf Klubbåsens bergvärmepump.

Borrhålen går åt olika håll för att de inte skall påverka varandra alltför mycket. Rekommendationen är att ha 20 meter mellan borrhålen. Övre delen av borrhålen är nära varandra, men längre ner är borrhålen långt från varandra.

Tabell 1 Sammanställning från borrhållens protokoll:

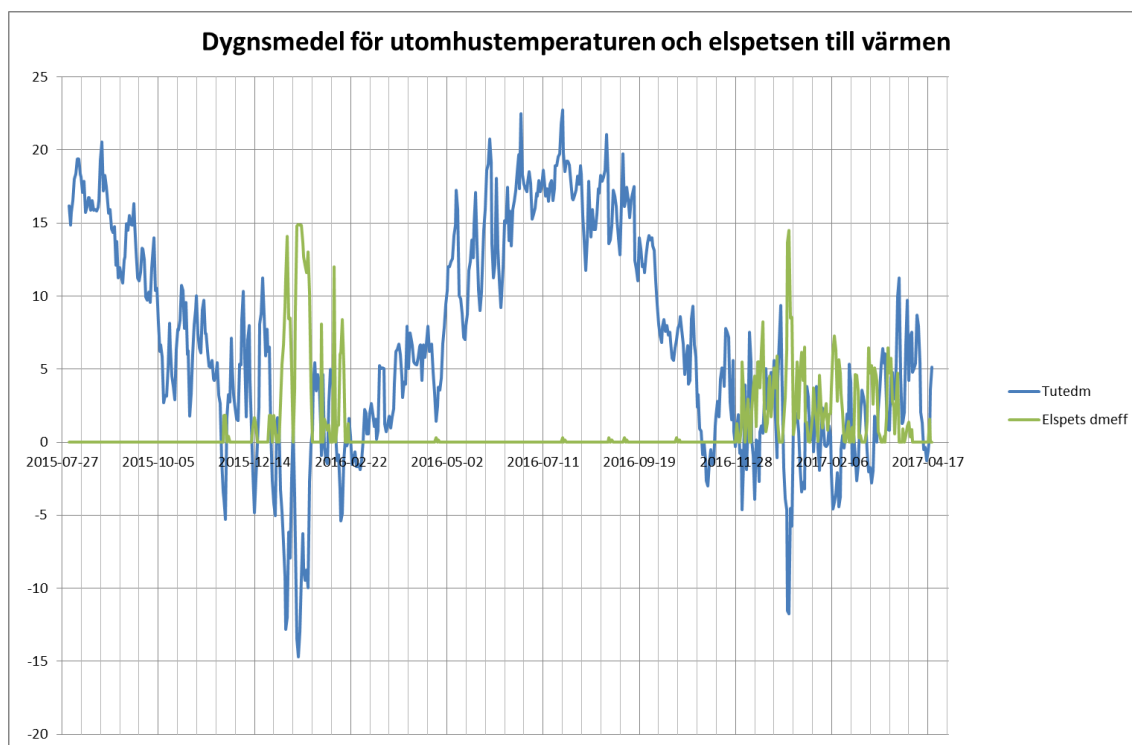
Borrhål	Längd	Jordtäckning	Foderrör	
1	200	0,5	6 m	Gråberg
2	200	0,5	6 m	Gråberg
3	200	0,7	6 m	Gråberg
4	200	0,7	6 m	Gråberg

#### 23.4.4 Uppmätt energiprestanda 2012 respektive 2015

Energiprestanda före åtgärder var 157 kWh/kvm,år (dim. effektbehov f.j.v 2012: 70 kW) och ett år efter åtgärderna på fönster, tätning, bergvärmepump etc. var energiprestandan 2015 60 kWh/kvm,år (dim. effektbehov efter åtgärder blev ca 60 kW el). Köpt energi minskade med 63 %. (Rapport för uppföljning av resultatet av Brf Klubbåsens genomförda åtgärder, Per Kempe, BeBo Resurspool, mars 2015.)

BVP utan tillskott från elpannan bör klara ner till några minusgrader, då BVP ger är ca 43 kW och när det är kallare ute kompletterar elpannan med upp till 15 kW.

Då tätningsåtgärderna blev lite för effektiva har man hösten 2016 installerat nya uteluftsventiler i lägenheterna, för att minska undertrycken i lägenheterna.



Figur 28 Elspets och utomhustemperatur de sista två åren

#### 23.4.5 Tänkbara orsaker till något låg installerad värmeeffekt

Värmepumpen täcker värmebehovet ner till ca 0 °C och sedan går elpannan in som ett komplement till värmepumpen. Så för att med marginal klara av dimensionerande värmebehov borde Brf Klubbåsens elpanna ha möjlighet koppla in alla steg, så den kan avge upp till 26 kW.

Orsaken till en något låg installerad värmeeffekt kan vara en missbedömning av storleken på värmeeffektbesparing på de genomförda energisparåtgärderna. Men kan även bero på förändringar i frånluftsflödet.

Med en något högre bedömd energianvändning hade värmepumpen troligtvis blivit en storlek större och borrhålslängden längre. Men när man sitter med en given bergvärmepumpinstallation är frågan om det är möjligt att höja elpannans effekt samt följa temperaturerna från borrhålet för att se om det finns behov av återladdning.

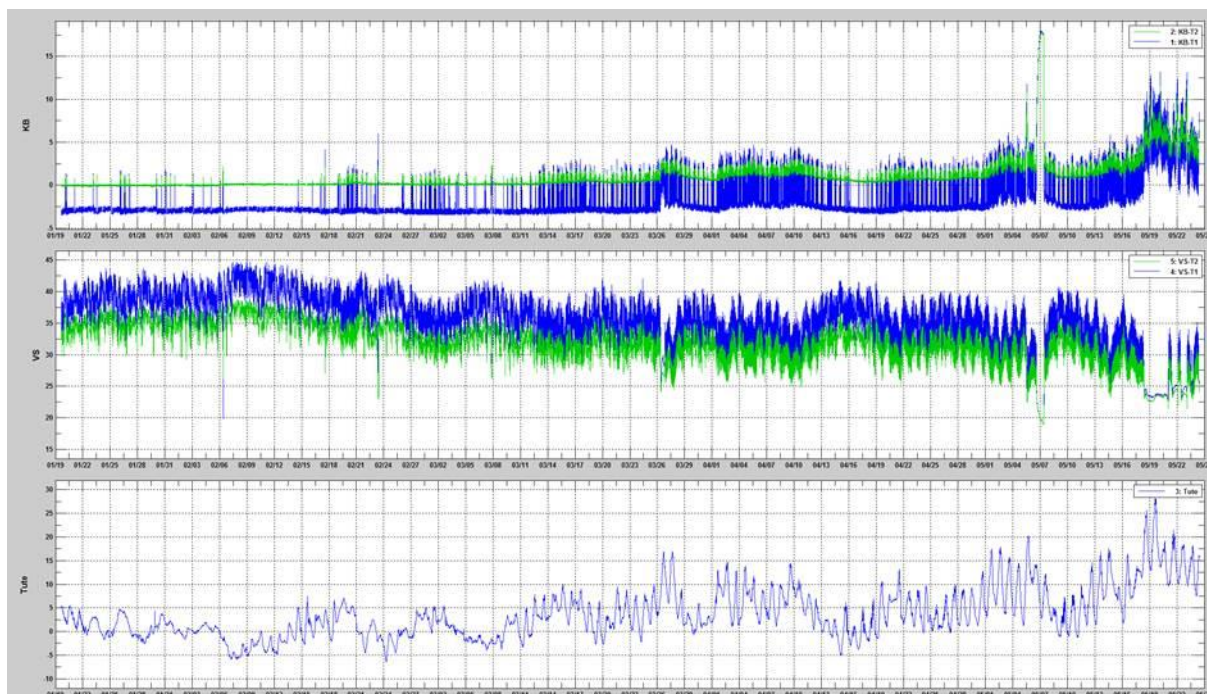


## 23.5 Mätning av temperaturer kring värmepumpen

Extra loggning installerades 19 januari 2017, för att i detalj kunna följa temperaturerna runt värmepumpen:

- KB-slingan (borrhålsslangarna),
- VS (värmesystemet)
- utomhustemperaturen.

Då det inte fanns lämpliga dykrör i respektive system tillgängliga, så har ytttemperaturen på rören under isoleringen mätts, vilket stämmer någorlunda med respektive medietemperatur. Om det kommer att göras någon förändring av KB eller VS-systemen bör dykrör monteras.



Figur 29 Loggning av KB, VS samt utetemperaturerna 19 jan – 24 maj 2017

Jan-feb är temperaturen från borrhålen ca 0 °C och temperaturen till borrhålen ca -3 °C. I figur 30 granskas temperaturerna för 8-9 februari, då det föreligger stort värmebehov. Från slutet av mars minskar värmebehovet och temperaturen från borrhålen ökar. 19-20 maj var det varmt ute och de dagarnas temperaturer kan granskas i figur 31, när det endast är varmvattenbehov.

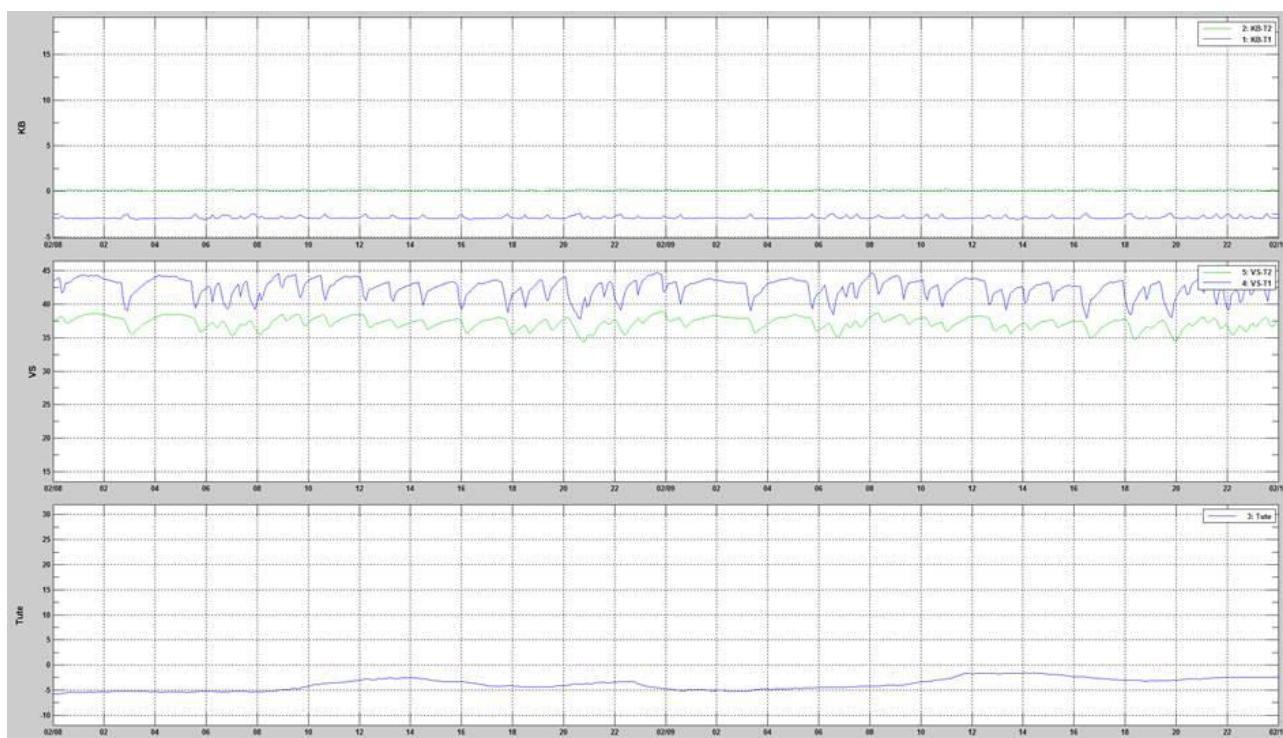
### 23.5.1 Period med stort värmebehov

8-9 feb: 0 °C från borrhålet och ca -3 °C från VP när -5 °C ute. Då köldbäraren är några minusgrader kan is frysa runt nedåtgående slang högst upp i borrhålet och eventuellt även runt uppåtgående slang och då blir det bättre värmeledning i borrhålet.

Med det effektuttag som maximalt är bör temperaturdifferens vara runt 4 °C mellan borrhålet och köldbäraren. Det betyder att det är varmare längre ner i borrhålet (någon plusgrad), då man har ett värmeutbyte mellan borrhållsslangarna högst upp i borrhålet. Se figur 29 och 30 nedan. Lite kort om frysning, se kapitel 24.7.

Värmepumpen ger ca 43 kW värme och använder ca 11 kW el. Det betyder att VP tar upp 32 kW lågtempererad värme ur borrhålen.  $32000 \text{ W} / (4 \cdot 200 \text{ m})$  ger 40 W / lpm borrhål Normal maxbelastning i borrhål är 40-50 W / lpm.

Enligt Signhild Gehlin, Svenskt Geoenergicentrum får ett bottenfruset borrhål en köldbärartemperatur från borrhålet runt -4 °C.



Figur 30 Loggning av KB, VS samt utetemperaturerna 8 – 9 feb 2017.

Önskas ett bra mätvärde på temperaturen i borrhålet, får man slå av kompressor och låta KB-pumpen fortsätta cirkulera köldbäraren genom borrhållsslangarna, så kan man efter ca 15 minuter avläsa KB-temperaturerna i värmepumpen, vilka kommer att ligga nära borrhålens temperatur.

Borrhålen kommer att ha lägst temperatur i februari/mars och som högst i juli/augusti.

Värmepumpen kommer att stanna när köldbärartemperaturen kommer ner till -8 °C och återstarta först när den ökat till -5 °C.

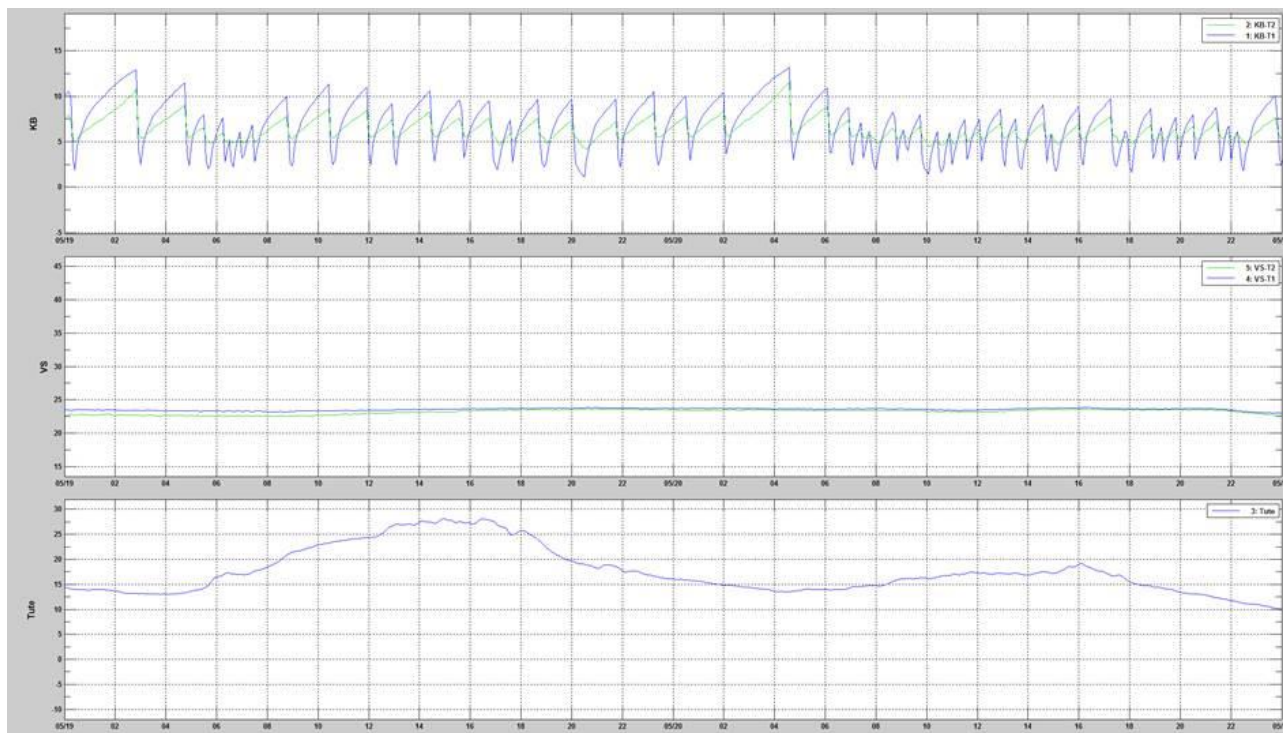
Så det gäller att ha marginal till lägsta köldbärartemperaturen på -8 °C.

Värmesystemet har en temperaturskillnad på 5 °C mot normala 10 – 15 °C. Det betyder ett högre flöde samt en ökad risk för ljud från radiatorventiler mm.

### 23.5.2 Period med litet värmebehov

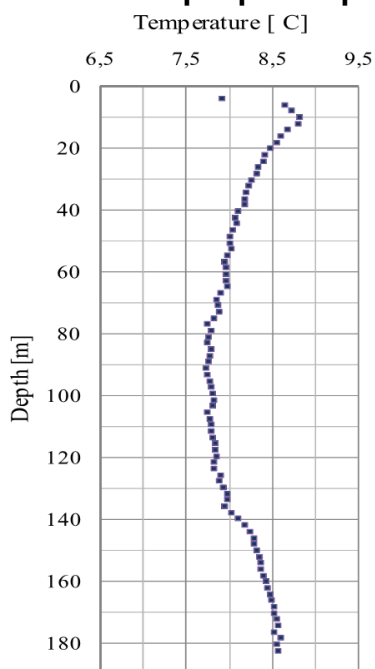
19-20 maj: 5-6 °C från Borrhålen (grön), ingen radiatorvärme, Tute 13-28 °C. ”Orörd” temperatur en bit ner i berget bör vara ungefär årsmedeltemperaturen, dvs. runt 7 °C.

När värmebehovet blir mindre slår VP ifrån och står stilla ett tag innan det startar igen. Se figur 31 nedan då VP går 10-15 min och sedan står still 45-60 min.



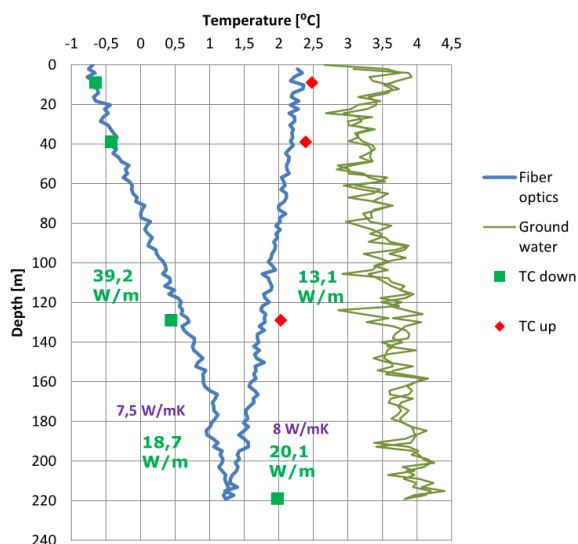
Figur 31 Loggning av KB, VS samt utetemperaturerna 19 – 20 maj 2017.

### 23.5.3 Exempel på temperaturer i borrhål



Figur 32 Bild på temperatur i orört borrhål i Stockholmsområdet, Jose Acona, KTH Energiteknik, presentation från 2010.

0,81 l/s  
Effekt = 11,4 kW, 25,9 W/m  
Re = **6003**



Figur 33 Bild på temperatur i belastat borrhål i Stockholmsområdet Jose Acona, KTH Energiteknik, presentation från 2011

Figuren 33 ger förhoppningsvis en viss känsla för temperaturförloppet i borrhålen. Köldbärarflödet, effektuttaget är något större samt temperaturerna något högre än i Brf Klubbåsens borrhål.

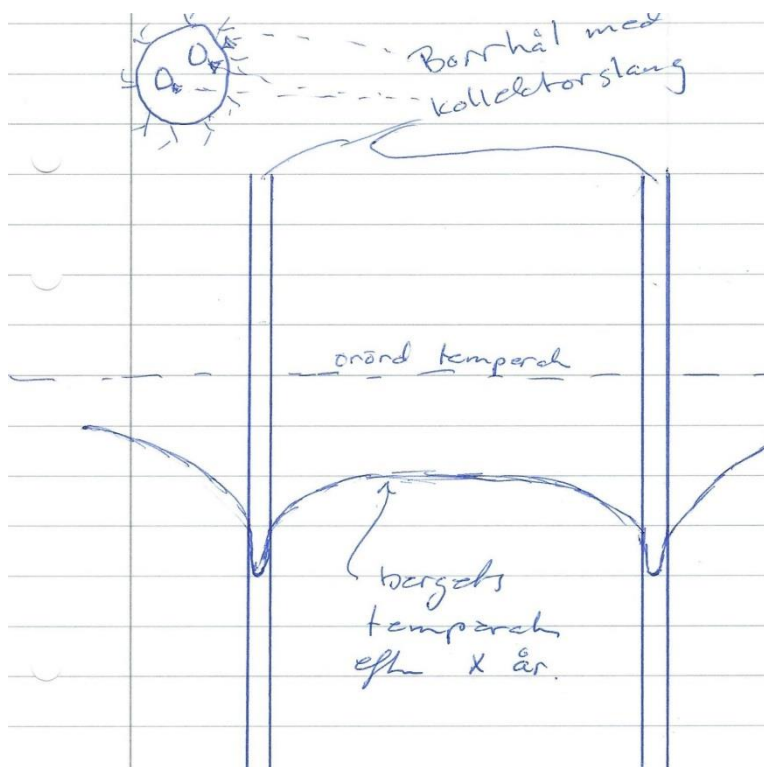
### 23.5.4 Kommentarer till de loggade temperaturerna

Efter tre år har ett ensamt borrhål kommit relativt nära sin sluttemperatur, men när man har flera borrhål relativt nära varandra kommer temperaturen i borrhålen att fortsätta att sjunka då temperaturen i berget mellan borrhålen sjunker. Se skiss i figur 34.

Köldbärartemperaturen från Brf Klubbåsens borrhål återhämtar sig snabbt (april, maj) figur 29, när värmebehovet minskar. Det tyder på att berget ännu inte är rejält nedkyllt eller att det finns en grundvattenströmning förbi borrhålen. Det är svårt att säga exakt vad som händer i borrhålen på 100 – 200 m djup.

Om det finns en grundvattenströmning förbi borrhålen kommer effekten av återladdning att bli liten. Så rekommendation är att fortsätta mäta temperaturerna runt värmepumpen för att se hur borrhålen betar sig, så kan ett bättre beslut fattas om något år.

Temperaturskillnaden mellan köldbäraren och borrhålsväggen beror bl.a. på var i borrhålet som slangarna råkar hamna (lilla figuren uppe t.v.). Temperaturnivån i berget efter några år beror på värmeuttaget ur berget och ”naturlig” återladdning. Om borrhål ligger nära varandra kommer temperaturen mellan borrhålen att bli lite lägre för att de inte har samma möjlighet till naturlig återladdning och därav blir borrhålets temperatur lite lägre.



Figur 34 Skiss över temperaturen i och runt borrhål.

## 23.6 Hur kan borrhålen återladdas

Det finns några olika sätt att minska belastningen på borrhålet samt återladda.

Lösningarna bör kunna säkerställa att köldbärartemperaturen till värmepumpen inte blir för hög. Värmepumpen stannar om inkommande köldbärare är över 30 °C och utgående är över 15 °C. M.a.o. bör köldbärartemperaturen inte vara alltför mycket över 15 °C, så värmepumpen kan starta och producera varmvatten under sommaren.

1. Finns möjlighet att borra ett femte borrhål på ca 200 m, så minskar belastningen per löpmeter borrhål från 40 W till runt 32 W, vilket kommer att höja temperaturen från borrhålen med ca 1 °C. Därutöver jobbar värmepumpen mot en större volym berg.
2. Finns möjlighet att använda värmeenergi ur frånluften kan inkommande köldbärartemperatur höjas med ca 0,7 °C hela året och minskar då belastningen på borrhålen under vintern samt återladdar borrhålen under sommaren.
3. Med en kylmedelskylare (uteluftkonvektor) tas värmeenergi ur uteluften när det är varmare än ca +10 C ute eller vad fabrikanten rekommenderar. Med en kylmedelskylare är det möjligt att ha ett betydligt större luftflöde än frånluftsflödet och då kan en större värmeeffekt tillföras borrhålen, men återladdningen kan endast ske under sommaren. Om kylmedelskylaren är varvtalsstyrd och lite för stor kommer den att gå på reducerad fart och ha en lägre ljudeffekt.
4. Om solfångare/ poololfångare eller liknande används, bör man kontrollera risken för att erhålla för varm köldbärare.

I effsys-rapport utvärderats potentialen med ”kylmedelskylare” för återladdning: ”Resultaten pekar på att det endast är i specifika fall som uteluftkonvektorn är energitekniskt rimlig att använda. Det fall som står ut är då den installerade värmepumpen har ett avstängningskriterier vid kalla brinetemperaturer och då värmepumpen är installerad i en stadsdel med många energibrunnar, t.ex. Bromma. Annars innebär det en marginell skillnad energitekniskt att använda en uteluftkonvektor.”

Effsys-rapport: Bergvärme kombinerat med uteluftkonvektor Johan Stare, Joachim Claesson Juni 2014 KTH Energiteknik.

Återladdning av borrhål innebär helt enkelt att man för tillbaka energi eller värme till marken, så att man på så vis kan se till att temperaturen i marken inte minskar för mycket. Ofta installeras ett system som ger borrhålet viss avlastning vintertid och återladdar borrhålet under sommarhalvåret.

Att värmen i berget inte räcker till kan bero på att man utnyttjar mer värme och varmvatten än beräknat, eller att dimensioneringen var för snål. Det kan också vara så att man har byggt ut och på så vis utnyttjar mer värme, eller så har man bytt till en ny effektivare bergvärmepump, som hämtar upp mer energi ur marken. Med borrhål som ligger nära varandra kan det också bli så att kapaciteten inte räcker till.

## **23.7 Vad innebär det när det fryser i borrhålen**

I examensarbetet ”Bergvärmeanläggningar där frysning i borrhål orsakar hopklämda kollektorslangar”, 2005 Luleås Tekniska Universitet, Anna-Karin Ahlstrom, 2005:070 CIV, tas frysningar i borrhål upp samt vad som varit orsaken när skador på kollektorn erhållits.

Nedan är ett par utdrag från rapporten samt en kommentar angående Brf Klubbåsens borrhål.

Vid dimensionering av bergvärme, i synnerhet i norra Sverige, tillåts köldbärarens temperatur tidvis vara lägre än noll grader från borrhålet, det vill säga till värmepumpen. Denna låga temperatur innebär att delar av borrhålet fryser. Detta är normalt inget problem utan en vanlig företeelse som till och med är gynnsam då frysning förbättrar markens värmeledningsförmåga.

Kollektorslangen som går till huset avger sin värme i värmepumpen och kollektorn tillbaka till borrhålet blir då kallare. Då denna returtemperatur sjunker några grader under noll bildas det is i toppen på borrhålet, vilket först sker med isbildning runt denna kalla kollektor och issörja runt den varma. Med en allt lägre temperatur bildas det vanligen is kring båda slangarna som succesivt växer sig nedåt i berget. Eftersom den bildade isens volym är större än det frysta vattnets måste denna expansionsvolym kunna lämna borrhålet. Så länge det sker succesiv frysning och vattnet har någonstans att ta vägen sker ingen tryckökning i borrhålet. Den is som redan frusit utövar inget tryck på omgivningen och kan inte skada kollektorslangen.

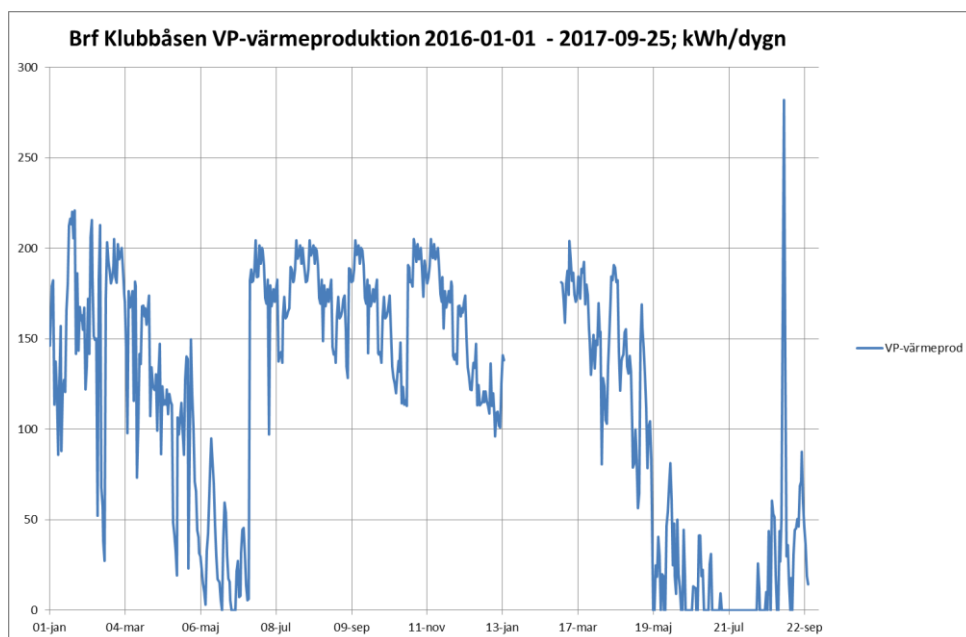
I rapporten har jämförelser gjorts mellan borrhål som har fått frysskador och de kan inte se några större likheter mellan problemanläggningar förutom jorddjupet, det vill säga längden på foderrören. Den genomsnittliga längden på foderrören var 24,7 m.

Brf Klubbåsen har minimilängden för foderrör enligt Normbrunn, vilket är 6 m.

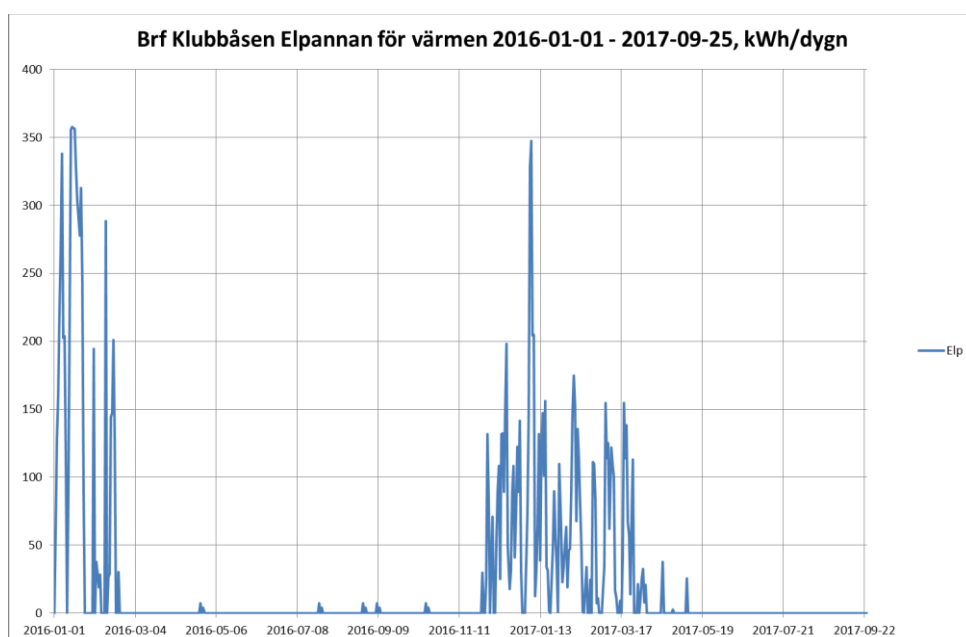
## 24 Bilaga 9 Utvärdering av brf energianvändning

Brf Klubbåsen har haft några problem med VP. Värmepumpen har larmat några gånger så växelventilen och styrkortet är bytta samt programvaran uppdaterad.

Elanvändningen till VP ser lite konstig ut i figurerna nedan, men kan bero på VV-användningen och total fastel stämmer med hur det fungerade våren 2015, när de hade debitering på en fastighetselmätare. Elmätarna efergy e<sup>2</sup> (delsystem) är ej godkända för debitering. De mäter trådlöst strömmen i faserna och kan inte ta hänsyn till cos(fi), då den inte mäter spänningen. Cos(fi) brukar vara 0,8 – 0,9 på mindre motorer och beror bl.a. på belastning, vilket betyder att det är ett fel på energiredovisningen på 10-20 %.



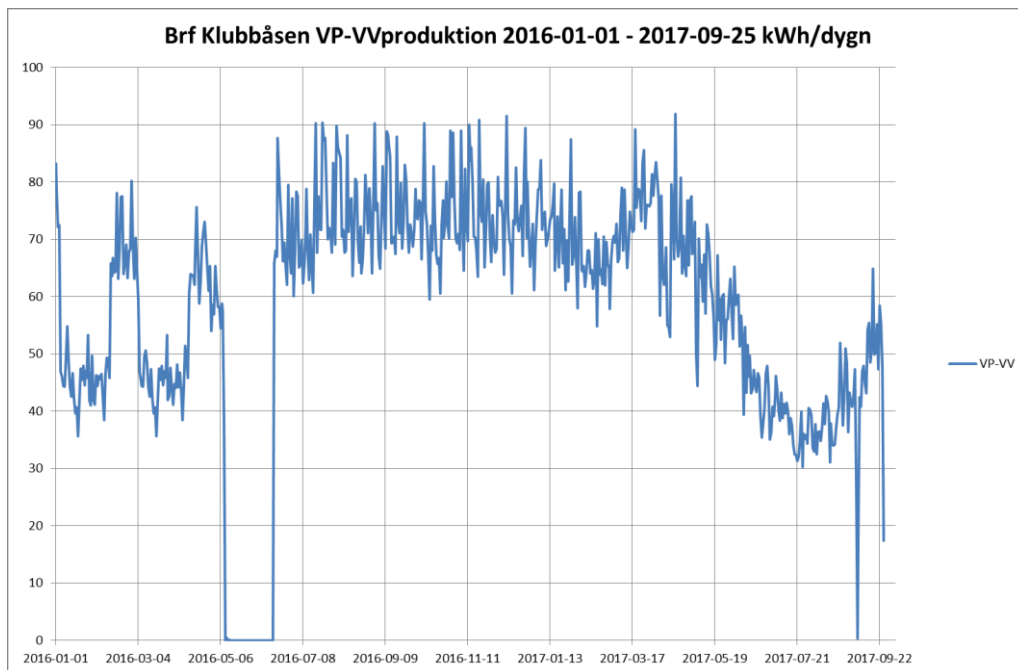
Figur 35 Elanvändning för VP värmeproduktion. 2016 har 52120 kWh använts.



Figur 36 Elanvändning för elpannan. 2016 har 8784 kWh använts.



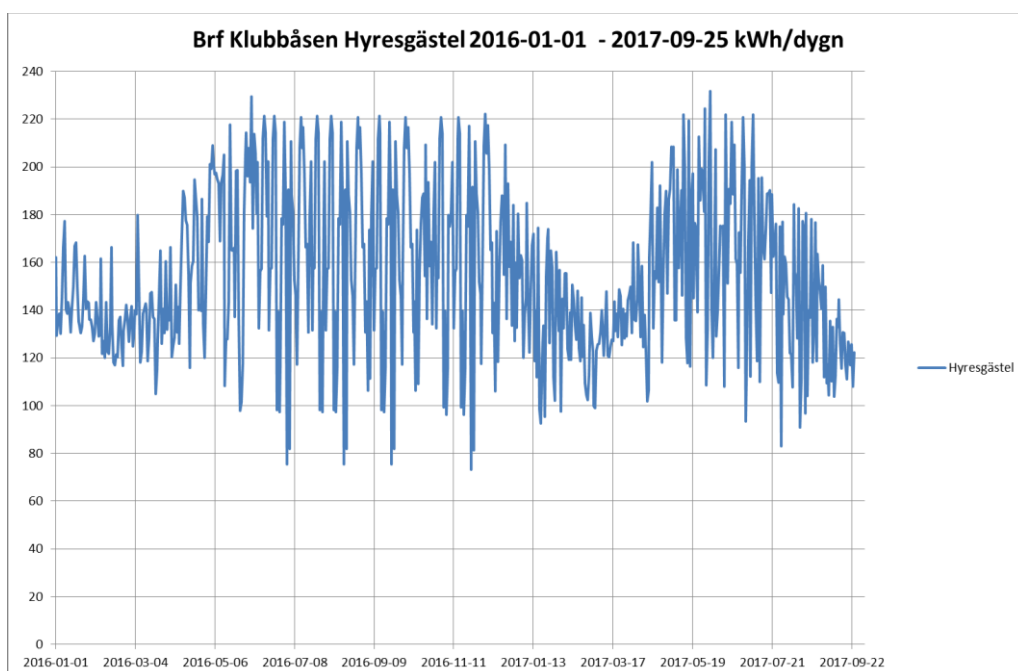
14-17 jan 2016 gick elpannan på i princip max: 357 kWh/dygn (15\*24=360 kWh)  
Summerar man elanvändningen för VP värmeproduktion med elanvändningen för elpannan erhålls 60904 kWh för 2016.



Figur 37 Elanvändning för VP VV-produktion.

VV-energin har extrapolerats från 2016-06-16 – 2017-05-17 till 26474 kWh/år.

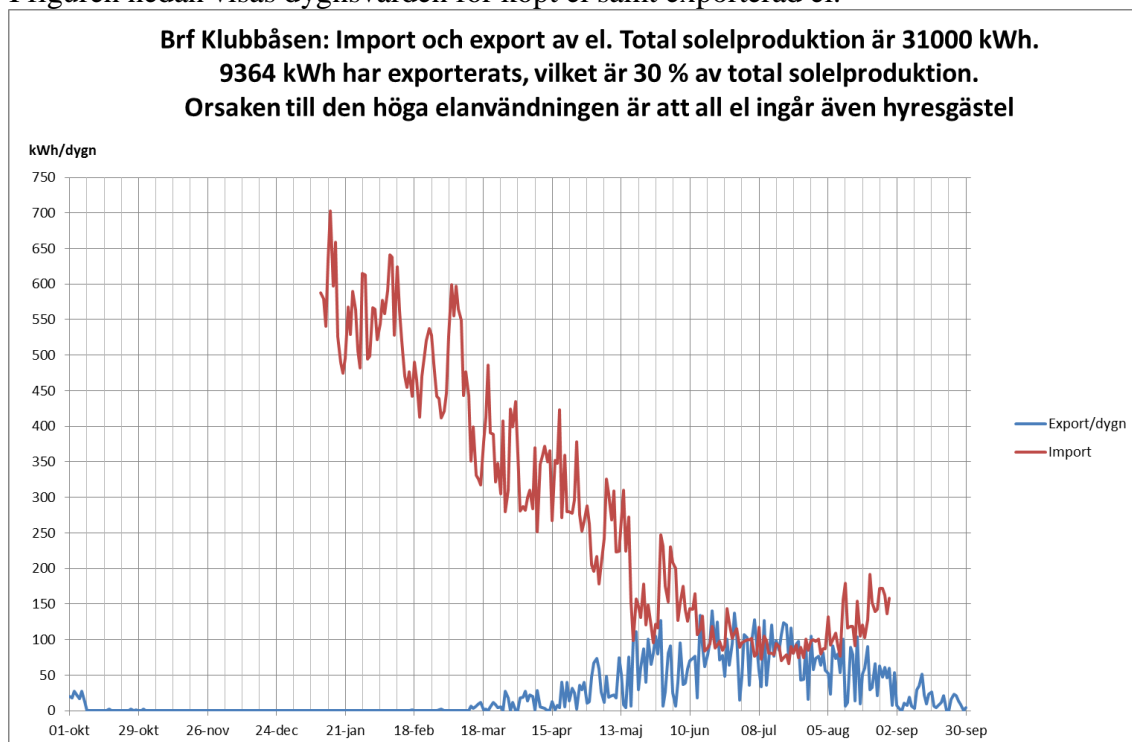
Värmepumpens maximala elanvändning ligger på ca 11 kW (temperaturberoende), vilket ger ca 264 kWh/dygn. Då VV är prioriterat kommer elanvändningen för värme som mest att kunna bli ungefär 264 – elanvändningen för VV. Energibehovet över det får elpannan stötta med.



Figur 38 Hyresgästel. 2016 har 58246 kWh använts

Bestämning av hur stor del av solcellernas energiproduktion som bidrar till byggnadens energianvändning. Enligt BBR får man endast tillgodogöra sig den elproduktion som använts direkt för byggnadsenergi. (Praktiskt innebär det att den skall användas inom samma timme som den produceras).

I figuren nedan visas dygnsvärden för köpt el samt exporterad el.



Figur 39 Brf Klubbåsen köpt respektive exporterad el per dygn. Okt-16 - Sep -17

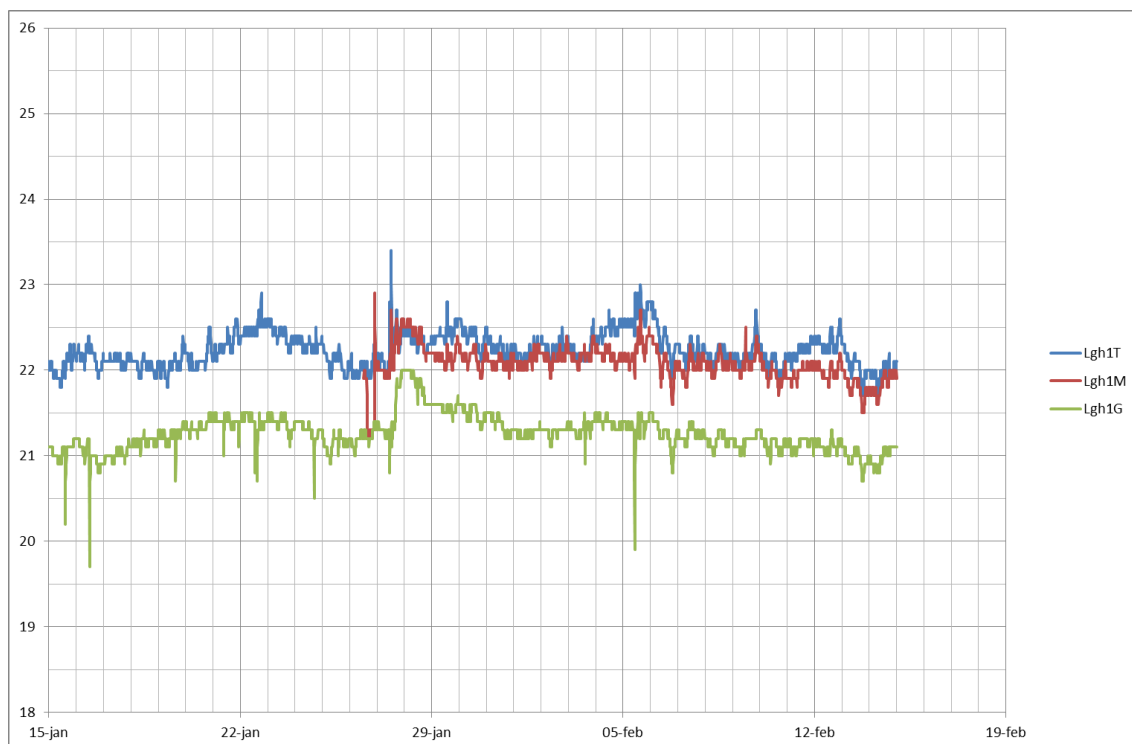
(kWh)	Fortum Redovisad Export	Beräkning rest mellan köpt el och summa undermätare	Solel till Fastel	Solel till Hyresgästel
Okt -16	150	83	350	178
Nov -16	0	11	28	38
Dec -16	0	-	-	-
Jan -17	0	-	-	-
Feb-17	2	11	28	38
Mar -17	134	83	350	178
Apr -17	475	970	1433	1562
Maj -17	1657	2407	1788	3017
Jun -17	2245	2820	1576	3383
Jul -17	2555	3075	1497	3599
Aug -17	1705	2064	1213	2506
Sep -17	447	970	1433	1562
<b>Summa</b>	<b>8923</b>	<b>11430</b>	<b>9696</b>	<b>16061</b>

*Kursiva siffror i tabellen är bedömning utifrån export till Fortum. En avvikelse kan ses på den beräknade exporten jämfört med den av Fortum redovisade på ca 20 %. Vilket bl.a. beror på den typ av elmätare som används för brf Klubbåsens egna mätningar. Brf Klubbåsens egna elmätare mäter bara elström och inte elenergi, så då erhålls ett fel på i storleksordningen 10 – 20 % på icke-resistansiva elförbrukare.*

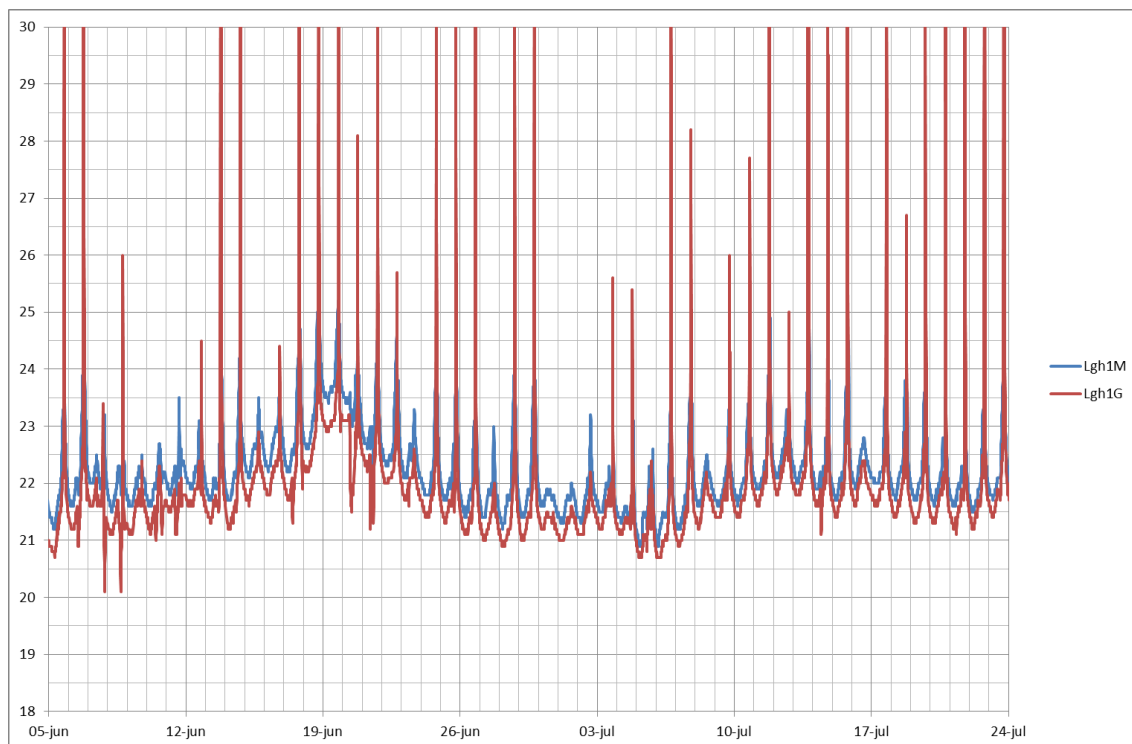
## 25 Bilaga 10 Utvärdering lägenhetstemperaturer

Snabb kraftig temperaturstigning är solbelyst givare.

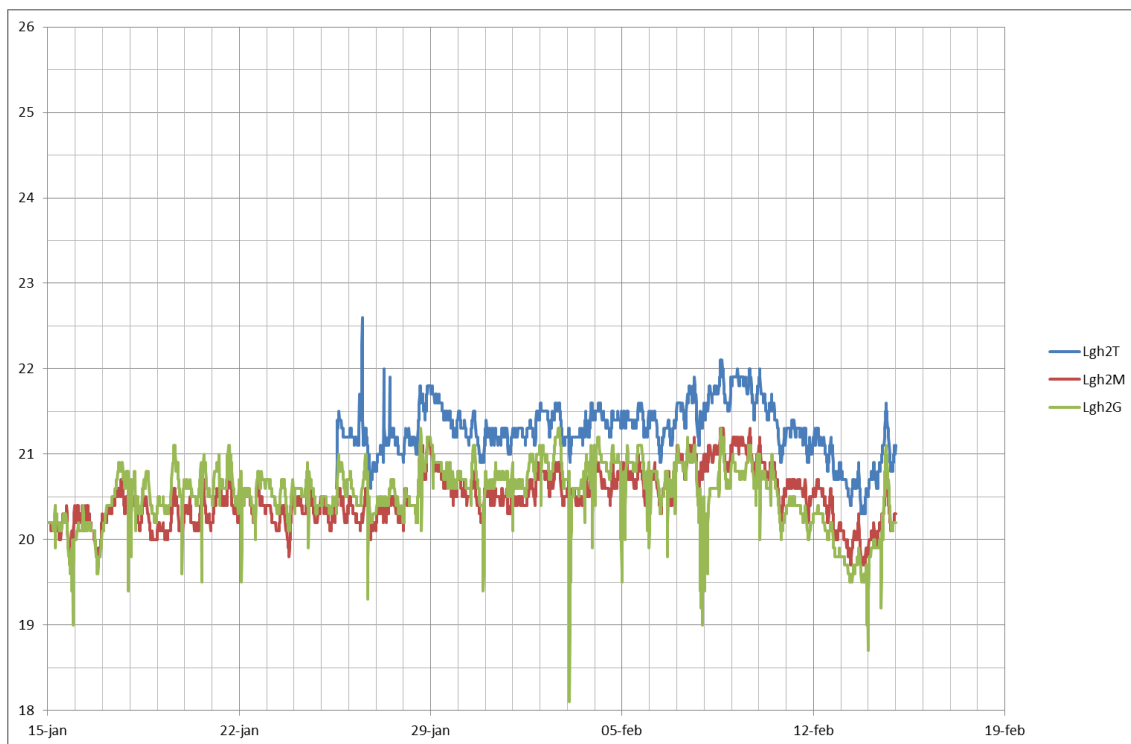
Snabb sänkning av temperatur vid golv är kall luft som kommer vid golvet vid vädring.



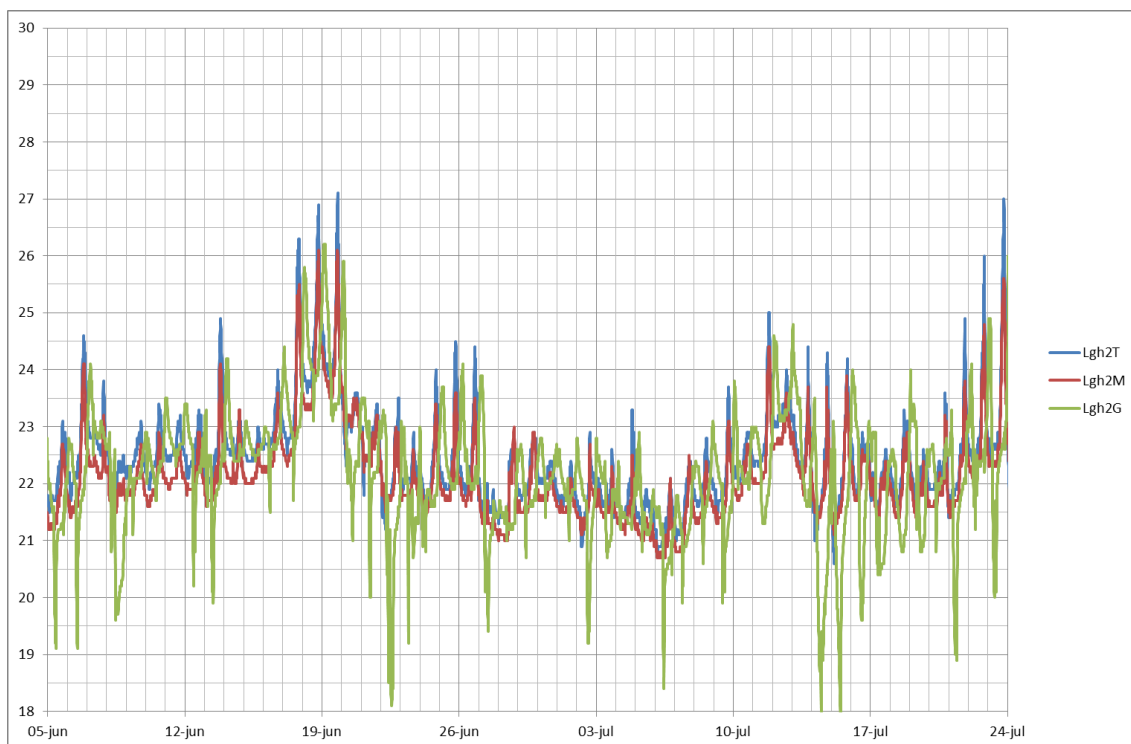
Figur 40 Lgh 1 – vinter. Temp ca 22 °C, ca 1 °C svalare vid golv. Ett par vädringar



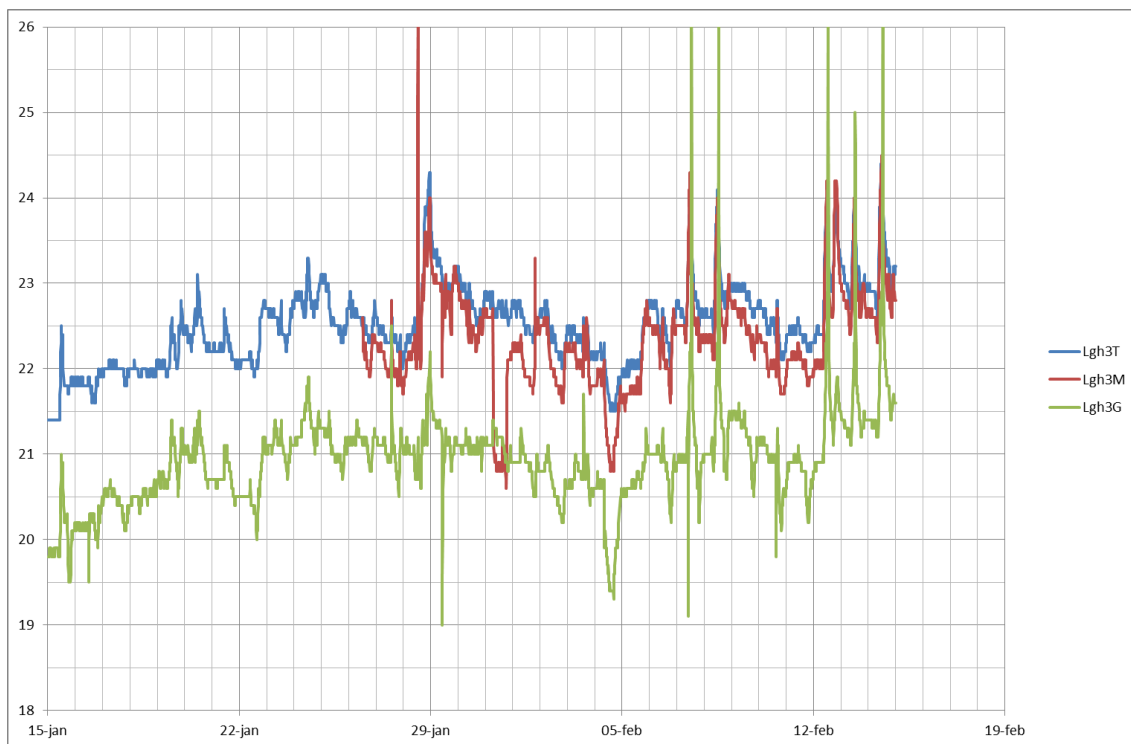
Figur 41 Lgh 1 – sommar. Solbelyst givare kl.18-19. Temperaturlogg. vid tak trasig.



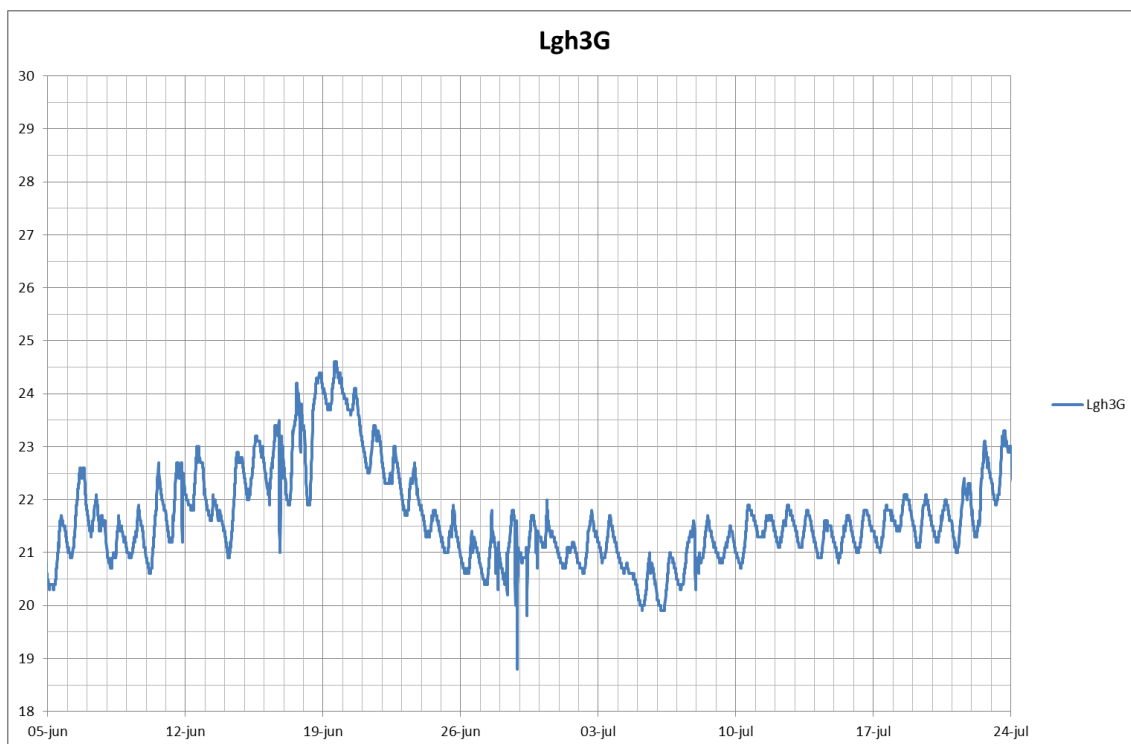
Figur 42 Lgh 2 – vinter. Temp ca 20,5 °C. Termostatinställning ??, Några vädringar



Figur 43 Lgh 2 – sommar. Mycket vädring under sommaren.



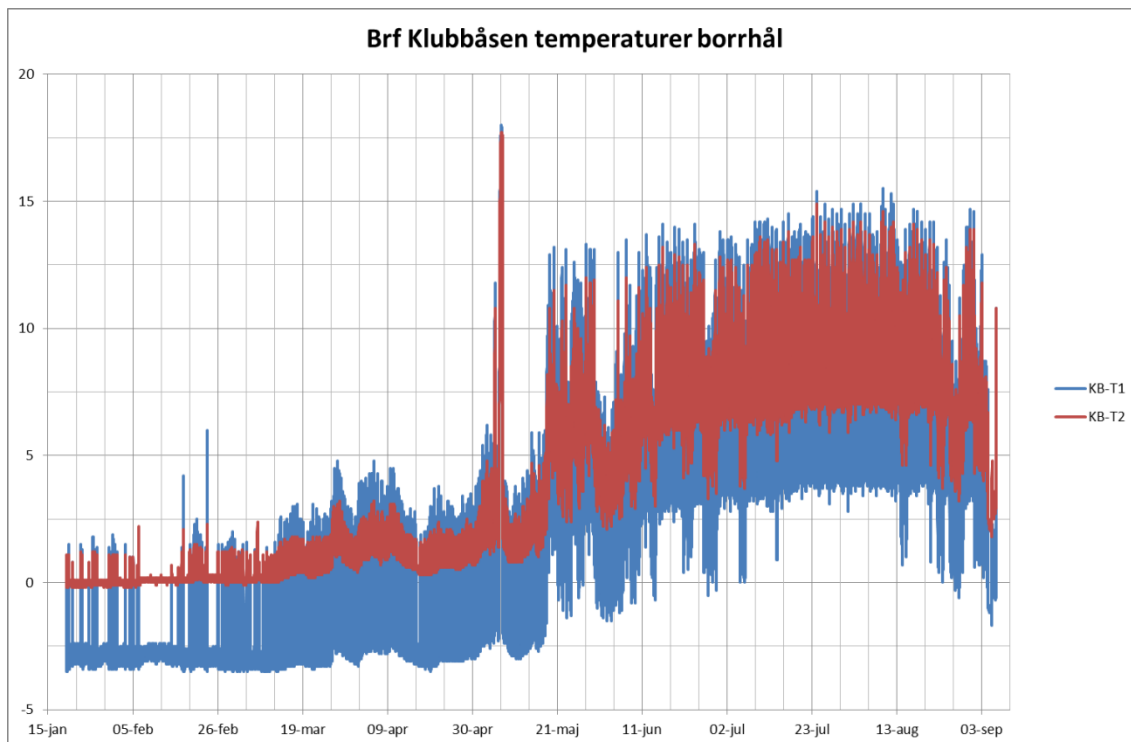
Figur 44 Lgh 3 – vinter. Temp. ca 22 °C. 1,5 °C svalare vid golv. Solbelyst givare.



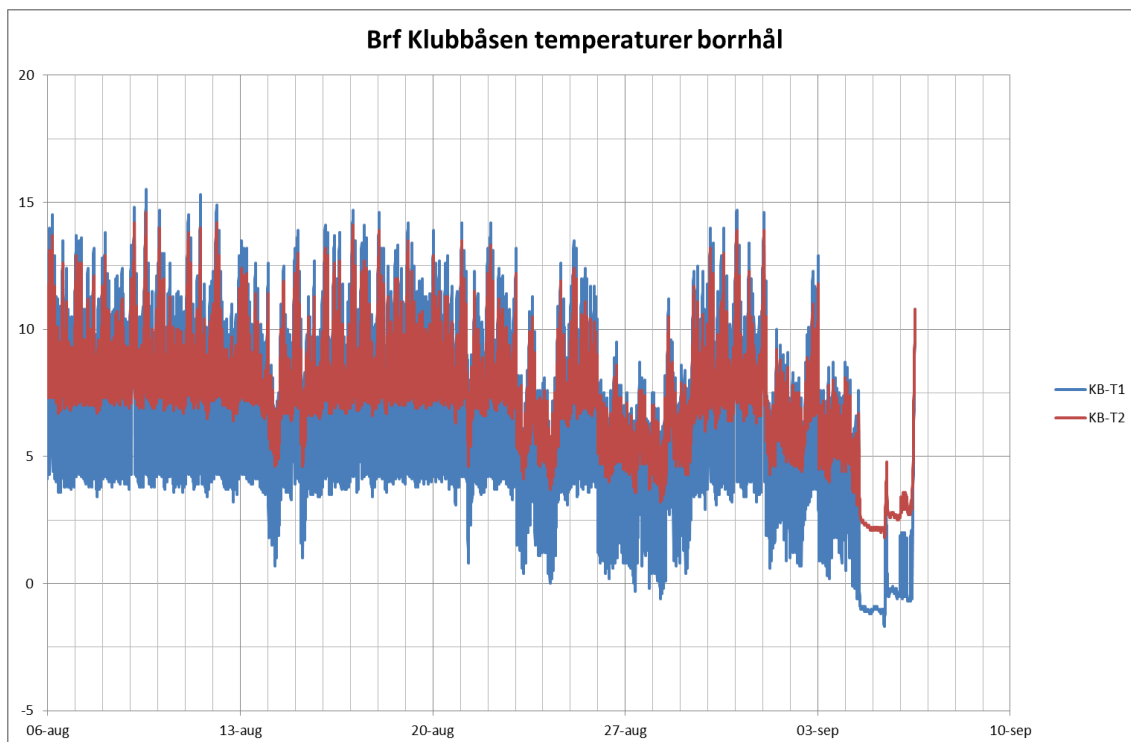
Figur 45 Lgh 3 – sommar. Temperaturloggn. vid golv fungerade endast

## 26 Bilaga 11 Kompletterande redovisning temperaturloggningar borrhål och värmesystem

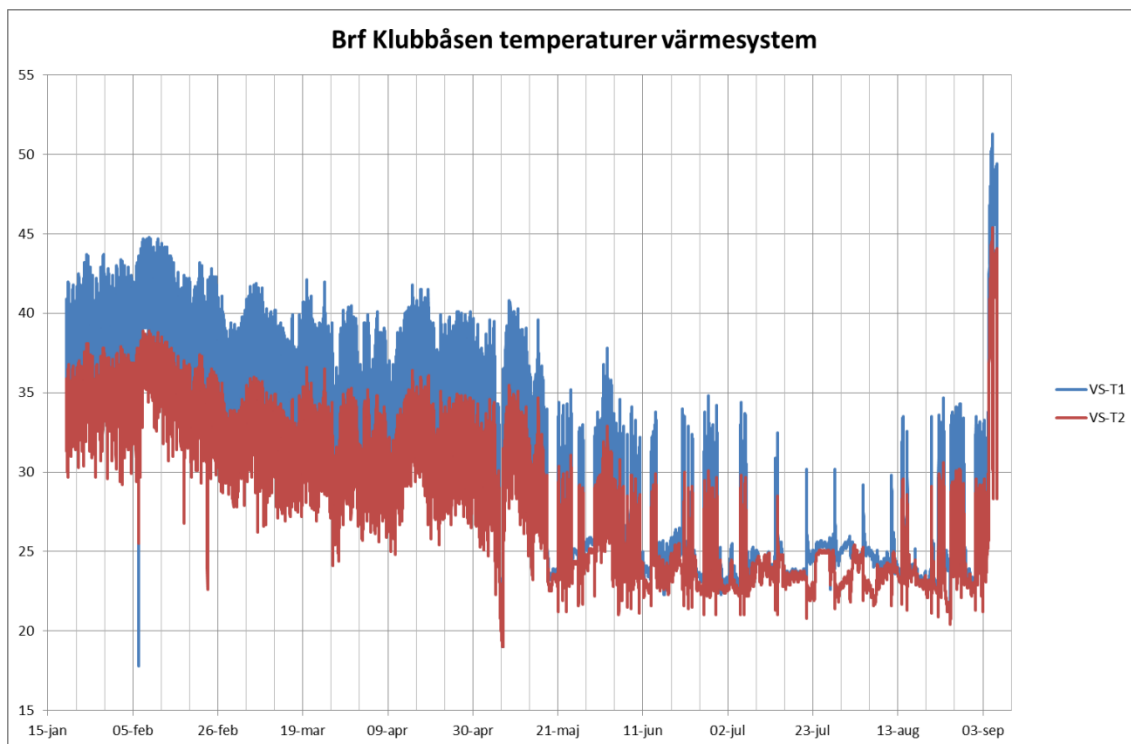
KB-T1: KB-temp. från VP till borrhål; KB-T2: KB-temp från borrhål till VP



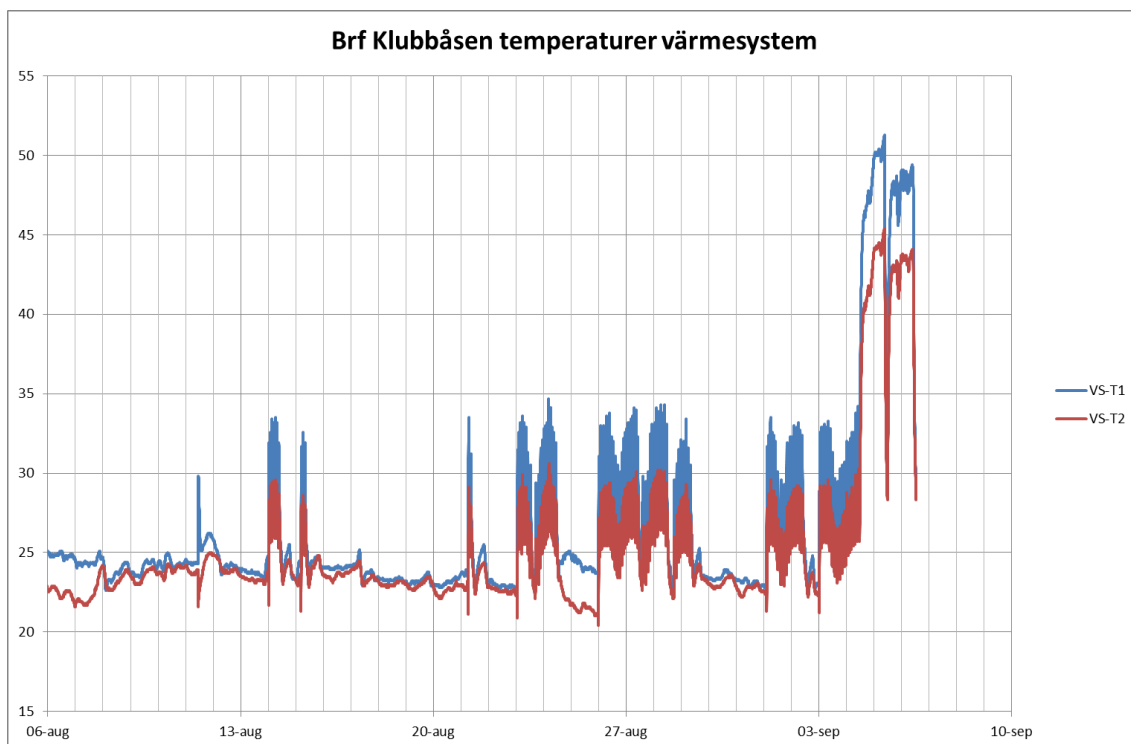
Figur 46 Brf Klubbåsen temperaturer borrhål; 20 jan – 6 sep



Figur 47 Brf Klubbåsen temperaturer borrhål; 6 aug – 6 sep; 5 sep 2 °C / -1 °C



Figur 48 Brf Klubbåsen temperaturer värmesystem; 20 jan – 6 sep



Figur 49 Brf Klubbåsen temperaturer värmesystem; 6 aug – 6 sep



## 27 Bilaga 12 Prestanda diagram för IVT Greenline D43

I Prestandadiagrammet nedan kan man se att vid 45 °C till värmesystemet och 0 °C från borrhålet behöver VP 12 kW el och kan avge 43 kW värme. Gröna linjen står för 45 °C värmesystemstemperatur och där de skär temperaturen 0 °C från borrhålen kan man avläsa el och värmeeffekterna. Dvs där de två svarta cirklarna markerar.

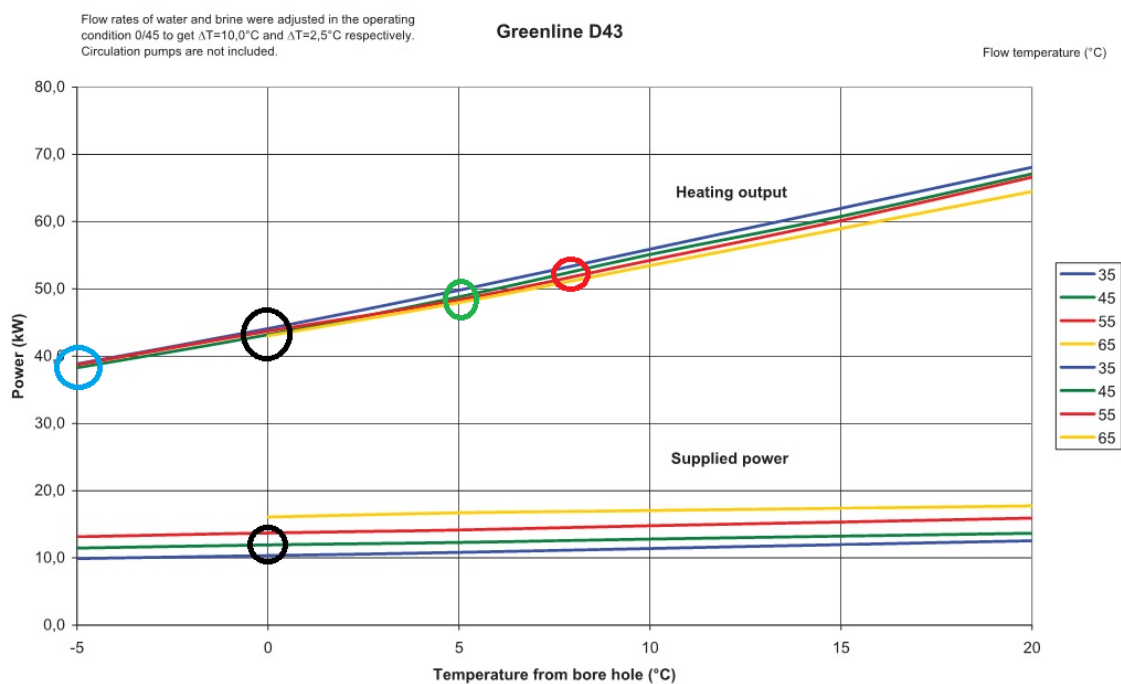
Skall i stället varmvatten produceras behöver man ha en högre framledningstemperatur och då behövs ca 14 kW el för att producera 43 kW varmvatten.

Vidare kan man läsa att värdena förutsätter dt 2,5 °C på köldbärsarsidan samt dt 10 °C på värmesidan.

Om temperaturen från borrhålen skulle minska till -5 °C blir avgiven värmeeffekt från värmepumpen endast 38 kW (blå cirkel) och mer tillskott från elpanna erfordras.

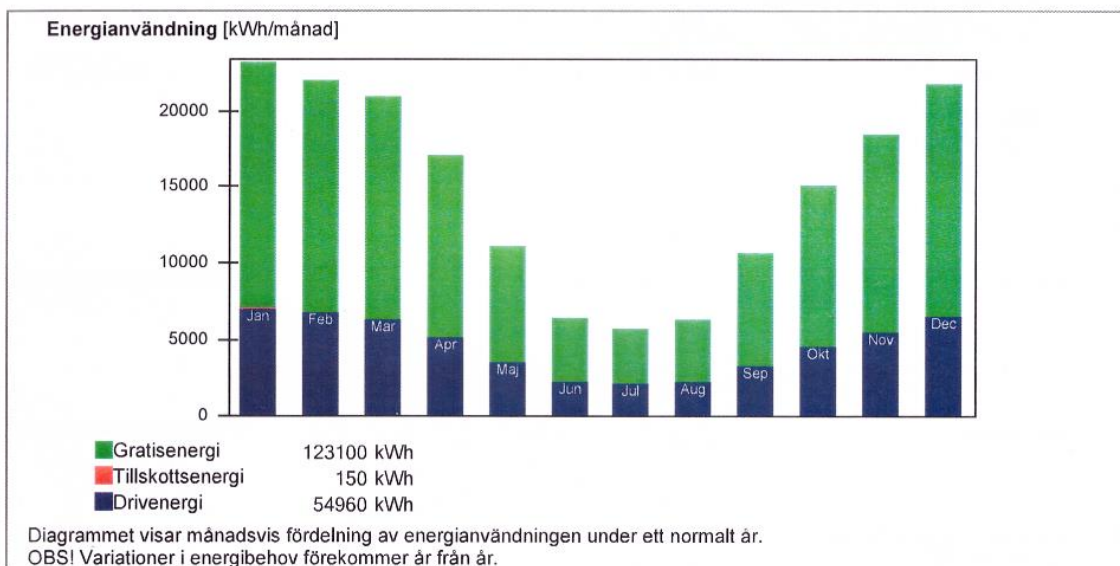
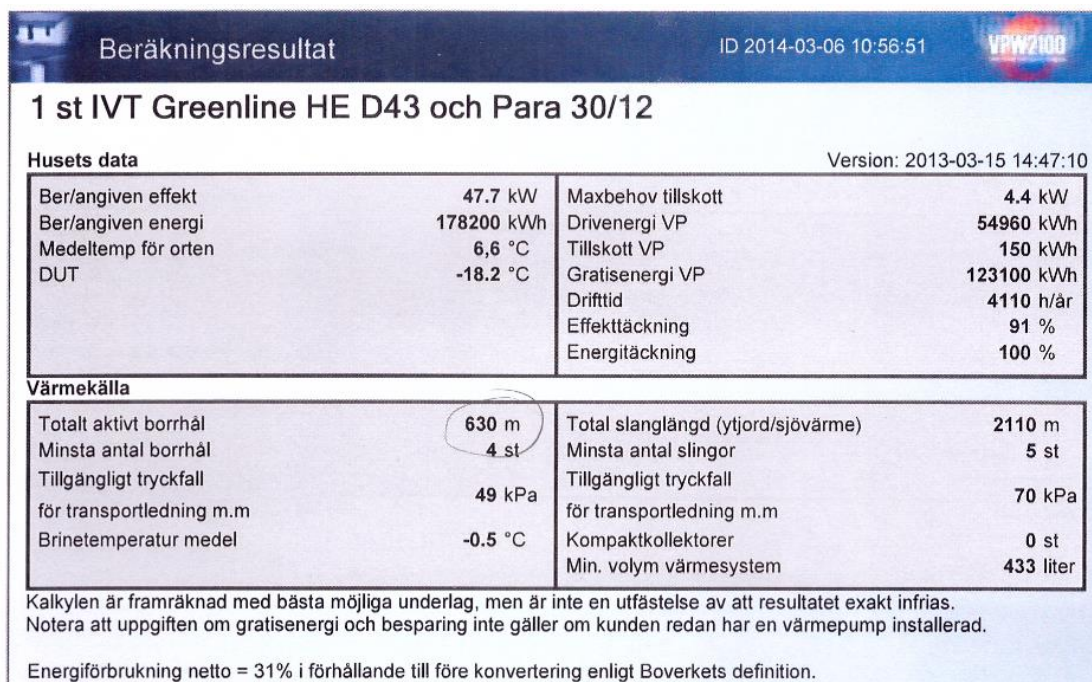
Skulle temperaturen från borrhålen via återladdning öka till +5 °C blir avgiven värmeeffekt från värmepumpen 48 kW (grön cirkel) och mindre tillskott från elpanna erfordras.

Den röda cirkeln med +8 °C från borrhålen via återladdning blir avgiven värmeeffekt från värmepumpen 53 kW och ett litet tillskott från elpanna erfordras. Den temperaturen har brf Sicklahus, 309 lgh, från sin värmepumpsanläggning med 60 borrhål på 250 meter med frånluftsåtervinning och ett överordnat styrsystem till värmepumpsanläggningen som styr deras sex undercentralerna. Kostnad 25 miljoner som är beräknat återbetald på ca 10 år.



Figur 50 IVT Prestandadiagram Greenline D43

## 28 Bilaga 13 Värmepumpsdimensionering 2014



Angiven effekt till beräkningen avviker *kraftigt* från rimligt värde. Fjärrvärmeeffekt 2012 var ca 70 kW minus fönsteråtgärderna, så värmeeffekten bör vara runt 65 kW. Kap.13.5. Idag bör värmeeffekten vara lite högre, då elanvändning för att producera varmvatten med värmepumpen har ökat och är hög.

I energisiffran har man tagit hänsyn till den extra isolerrutan samt att man skulle sänka temperaturen med en grad, men i verklighetens har man höjt temperaturen med några grader, så idag bör värmeenergin vara ungefär som fjärrvärmeenergin 2012 plus ökningen av varmvattenanvändningen (om elmätning VV stämmer). Tyvärr finns ingen

mätning av kallvatten som blir varmvatten för att bekräfta ökningen av varmvattenenergin. En del av ökningen kan vara att det installerats tvättmaskiner som använder varmvatten. Men det finns ingen statistik eller mätning, så det är svårt att säga vad deras bidrag är till den ökade varmvattenanvändningen.

I beräkningen är angivet 630 meter aktivt borrhålsdjup<sup>3</sup> och det är borrarat 4\*200 meter av vilket avståndet till grundvattnet i borrhålen skall dras av för att få det aktiva borrhålsdjupet.

Brinetemperatur medel är angiven till -0,5 °C i beräkningen och det stämmer väl överens med den brinetemperatur som uppmätts på -1,5 °C (0 °C/-3 °C) om den ökade belastningen på borrhålet beaktas. Dock har anläggningen endast varit i drift i 3 år och när man har fler borrhål nära varandra tar det längre tid för dem att stabiliseras.

Känslighet i beräkning, några exempel

Med Online värmepumpsberäkning med en geo-VP på 41 kW och 178000 kWh värmebehov varav 35000 kWh varmvatten erhöles något större aktivt borrhålsdjup, 745 meter jämfört med 630 meter. Värmeeffektbehovet blev något större 51 kW + varmvatten.

Gjordes beräkningen i stället på 210000 kWh varav 35000 kWh varmvatten angav beräkningen energibrist med 784 meter och värmeeffektbehovet 63 kW + varmvatten. Elpannan utökades till 26 kW, för att inte energibrist skulle redovisas i beräkningen.

Med 240000 kWh varav 65000 kWh varmvattenbehov med 26 kW elpanna erhöles 811 meter och värmeeffektbehov 63 KW + varmvatteneffektbehov. Minskades vinkeln mellan borrhålen med 3° så ökade erforderlig borrhålslängd till 868 meter, vilket indikerar på känslighet för avståndet/vinkeln mellan borrhålen.

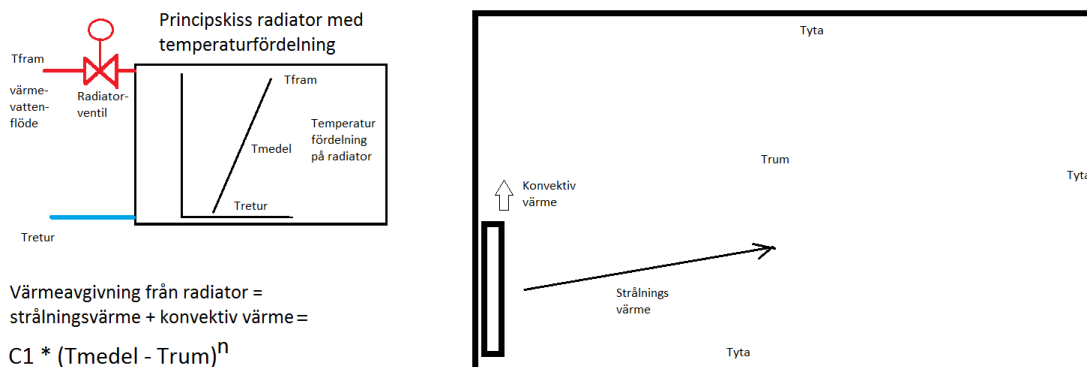
Online värmepumpsberäkning är till för överslag och inte för dimensionering och beräkningen är gjord med en allmän bergvärmepump, så IVTs data-program bör ge ett bättre resultat anpassat till aktuell värmepump.

---

<sup>3</sup> Aktivt borrhålsdjup avser den del av borrhålet som befinner sig under grundvattennivån. Den del som är ovanför har inte bra värmeytbuter med berget och bidrar inte med värme till systemet.

## 29 Bilaga 14 Teori radiatorers värmeavgivning

Lite teori om radiatorers värmeavgivning, för de som normalt inte arbetar med värmesystem skall kunna följa resonemanget.



Figur 51 Värmeavgivning från radiatorer

Vid analyser om radiatorers värmeavgivning utgår man dimensionerande förhållanden och när radiatorn inte behöver avge dimensionerad värmeeffekt minskar radiatorventilen värmevattenflödet genom radiator och då kyls värmevattnet mer i radiator. Så radiatorns medeltemperatur sjunker och därigenom avgiven värmeeffekt från radiatoren.

Värmen från radiatoren är till för att kompensera/täcka de värmeförluster som rummet/lägenheten har. Värmeförlusterna är förluster genom väggar, golv, tak, fönster, luftläckage, vädring, uppvärmning av den ventilationsluft (uteluft), som tas in i rummet (luftflöde \* 1,2\*1010\* temperaturhöjning). Luftflöde enligt byggreglerna är 0,35 l/s,kvm. Detta motsvarar att luften i lägenheten byts ut på två timmar. För en lägenhet på 80 kvm blir det 28 l/s, vilket ger att 1200 Watt behövs vid -15 °C utetemperatur, för att värma uteluften som tas in i lägenheten.

Värmeavgivningen från radiatoren är beroende på radiatortemperaturerna och hur värmen avges: konvektiv värme (uppvärmning av luften som passerar radiatoren) samt strålningsvärme (värmestrålning från radiator till de ytor som radiatoren ”ser”).

Den värme som radiatoren avger måste värmesystemet tillföra annars kallnar radiatoren och minskar/ slutar avge värme.

Med andra ord:

Rummets värmeförluster = radiatorns värmeavgivning=radiatorsystemet värmeförsel till radiatoren.

Normalt sett är det svårt att mäta på en radiator i en byggnad, men på laboratorier kan man mäta upp radiatorns egenskaper. Radiatorsystemets värmeförsel beräkna med värmevattenflöde\*värmekapacitet för vatten\*temperaturfall värmevatten (Tfram – Tretur). Radiatorers värmeavgivning redovisas i tabeller för olika radiatormodeller med angivande av exponenten n, som brukar vara runt 1,3, se figur 51. För att beräkna värmeavgivningen vid andra temperaturer än de som redovisas i tabellerna beräknas en korrektionsfaktor för tabellvärdena.

Erforderlig värmeeffektbehovssänkning för rum/lägenhet, för att kunna minska temperaturnivån i värmesystemet från 70/55 °C till 55/40 °C blir 45 %, vilket det behövs stora åtgärder för att erhålla.

De installerade radiatorfläktarna ökar radiatorns konvektiva värmeavgivning kraftigt vid givna temperaturnivå, så radiatortemperaturerna kan sänkas. Då radiatorns temperaturnivå sänks minskas radiatorns strålningsvärme. För att radiatorns returtemperatur samt radiatorns medeltemperatur inte skall bli för låga har värmevattenflödet höjts. Hade inte värmevattenflödet höjts skulle värmesystemets temperaturnivå blivit i storleksordningen 50/35 °C.

Observera att den konvektiva värmeöverföringen ökar med elementfläktar innebär inte att radiatorn behöver mindre värmeenergi/effekt från värmesystemet. Utan bara att värmen från radiatorn kan avges vid en lägre temperaturnivå på radiatorn, vilken kan vara lämplig för värmepumpar, men även ger en bättre avkylning av fjärrvärmen, som fjärrvärmebolag önskar.

Det finns många boende som störs av ljud från sina installationssystem och att då öka värmevattenflödet samt installera elementfläktar ökar risken för att boende kan störas av installationsljud.

Om boende störs av ljudet och slår av elementfläkten minskar den avgivna värmen från radiatorn rejält och risk finns för låga innetemperaturer i lgh.

Man brukar avråda från att använda nattsänkning i värmesystem som har värmepumpar för värmeproduktion. Detta för att det behövs större värmeeffekt för att höja/ återta innetemperaturen efter nattsänkningen. Orkar värmepumpen inte leverera tillräckligt med värmeenergi till värmesystemet, så att framledningstemperaturen sjunker under sitt börvärde kommer tillskott (elpanna) att hjälpa värmepumpen att hålla börvärdet på värmen. Inträffar detta så förlorar man hela besparingen med nattsänkningen. Detta är skälet att man brukar avråda från sänkningar innetemperatur under kortare perioder när man har värmepump.