

Årsmätning på fem
bergvärmeanläggningar
i Sjuhärad

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas från
Energimyndighetens förlag.
Orderfax: 016-544 22 59
e-post: forlaget@stem.se

© Statens energimyndighet
Upplaga: 4 ex

ER -

ISSN -

Förord

Undersökningen som redovisas i följande rapport har utförts av enheten för energiteknik på SP Sveriges provnings- och forskningsinstitut under åren 2003-2005. Finansiär och beställare för undersökningen var statens energimyndighet (STEM) vilken förtjänar ett stort tack.

Även de privatpersoner som har deltagit i undersökningen är värda att uppmärksammas, då de frikostigt lagt ner både tid och arbete på att förverkliga denna undersökning, och utan vilka projektet inte skulle vara genomförbart. Vidare bör ett stort tack ges till här ej nämnda personer och organisationer som har bidragit till projektets genomförande.

Sammanfattning

Följande rapport avhandlar mätningar under ett års tid av bl.a. värme- och elförbrukning samt relevanta temperaturer för fem bergvärmeanläggningar i sjuhäradsområdet. Mätningarna har främst syftat till att bestämma systemårsvärmefaktor, energitäckningsgrad samt besparing för dessa anläggningar. Mätningarna genomfördes från mitten av november 2003 till mitten av november 2004 och ingår som del i ett projekt vilket även har innefattat en enkät- och fältundersökning och som har rapporterats separat rapport. Enkät- och fältundersökningen har utgjort urvalsgrund till fältmätningen. Av de ingående anläggningarna var två från IVT, en från Thermia, en från Nibe och en från Alvatek. Samtliga installerades mellan år 1998 och 2003.

Mätningarna visar att de undersökta systemen i stort har fungerat som tänkt, förutom mindre tekniska problem, med systemårsvärmefaktorer generellt sett i nivå med vad som angetts i offerternas energi- och besparingskalkyler. Genomsnittsvärdet för systemårsvärmefaktorn var 2,6 under den aktuella mätperioden och låg för samtliga anläggningar inom intervallet 2,4 till 2,9. Eftersom utomhusklimatet har varierat mellan anläggningarna har förväntade systemårsvärmefaktorer under ett normalår i Borås uppskattats. Även då blev medelvärdet 2,6 men spridningen minskade (2,5 till 2,8).

Ett av de granskade systemen visade en långt sämre prestanda än vad som anges i offertens energiberäkning ($SPF_{va} = 2,4$ mot 3,3 angivet). Detta beror med största sannolikhet på att värmepumpen är underdimensionerad i förhållande till fastighetens effektbehov. Den har dock även varit utsatt för lägre utetemperaturer än övriga anläggningar vilket har påverkat dess prestanda negativt. Under ett normalår är dess förväntade systemårsvärmefaktor 2,6 vilket är helt i nivå med övriga system.

Energibesparingen är generellt i nivå med vad som anges i offerterna och stor nog för att ge goda förutsättningar att göra en investering av bergvärme till en god affär under rådande omständigheter. Åtminstone vid konvertering från oljepanna där besparingen med dagens energipriser (8 500 SEK/m³ för olja och 80 öre/kWh för el) varierade mellan 6 – 23 kkr/år (7 – 27 kkr/år under ett normalår). En förutsättning för en hög besparing är dock att energibehovet är tillräckligt stort eftersom besparingen är proportionell mot just detta. De i undersökningen ingående fastigheterna var relativt stora med normalårskorrigerade värmeanvändningar på mellan 19 – 49 MWh/år med ett medel på 34 MWh/år. Återbetalningstiden var i genomsnitt 8,6 år vid konvertering från oljepanna och 14,6 år vid konvertering från elpanna.

Innehåll

1	Uppdrag och syfte	9
2	Urval till fältmätning	10
2.1	Urvalskriterium.....	10
2.2	Anläggningar	10
3	Metod	11
3.1	Mätningar.....	11
3.2	Utvärdering	12
4	Mätutrustning	13
5	Resultat	14
5.1	Sammanfattande resultat.....	14
5.2	Kommentarer och analys av resultatet.....	15
6	Slutsatser	28
	Bilaga 1. Resultat i tabellform.	1
	Bilaga 2. Resultat i diagramform.	1
	Anläggning A.....	1
	Anläggning B.....	4
	Anläggning C.....	6
	Anläggning D.....	8
	Anläggning E.....	11
	Bilaga 3. Anläggningsdata.	1
	Anläggning A.....	1
	Anläggning B.....	4
	Anläggning C.....	7
	Anläggning D.....	9
	Anläggning E.....	12
	Bilaga 4. Beteckningar.	1

1 Uppdrag och syfte

Uppdraget bestod av mätning på fem utvalda bergvärmeanläggningar under ett års tid med syfte att ta fram kunskap om hur bergvärmeanläggningar fungerar i praktiken. Projektet har dock inte haft som ambition att gradera enskilda värmepumpsmodeller/-fabrikat vad gäller effektivitet då en undersökning av den här typen ej lämpar sig för detta pga. för många inverkande yttre faktorer. Provning i laboratoriemiljö krävs för att en sådan gradering ska bli rättvis och korrekt varför de värmepumpar som ingått i undersökningen ej kopplas samman med enskilda resultat i rapporten.

Projektet innefattade dessutom en enkät- och en fältundersökning vilka rapporteras separat rapport.

Årsmätningen har huvudsakligen syftat till att bestämma årsvärmefaktor och energitäckningsgrad för de berörda anläggningarna. Mätningarna genomfördes under perioden 16/11 2003 tom 14/11 2004.

2 Urval till fältmätning

2.1 Urvalskriterium

Urvalet gjordes bland ingående anläggningar i den fältstudie som redovisats i en separat rapport och baserades i första hand på om praktiska förutsättningar för installation av mätutrustning förelåg men även på om den svarande var positiv till fortsatt medverkan i projektet. Vidare eftersträvades viss variation vad gäller värmepumpsfabrikat, storlek (avgiven värmeeffekt), systemlösningar, installationsår samt att anläggningen helst skulle vara belägen relativt nära SP.

2.2 Anläggningar

I urvalet ingick två värmepumpar från IVT, en från Nibe, en från Thermia samt en från Alvatek. Samtliga anläggningar var belägna inom en tremils radie från Borås. Anläggningsdata sammanfattas i tabell 1 nedan. Mer detaljerade beskrivningar redovisas i bilaga 3.

Tabell 1. Sammanfattande anläggningsdata.

Anläggningsdata	A	B	C	D	E
Ort	Kinna	Borås	Borås	Borås	Borås
Fastighet	1 ½ plan., (1971), 198 m ²	1 ½ plan + suterängv., (1972), 390 m ²	1pl. + kv, (1969-70), 184 m ²	2 pl. + kv, (1950-tal), 375 m ²	1 ½ pl + kv, (1955), 370 m ²
Tidigare värmekälla	Kombipanna (olja/el)	Oljepanna	Oljepanna	Oljepanna	Oljepanna
Energibehov (uppgivet) [MWh]	29,4	36,5 (4,5 m ³ EOL/år)	20,3 (2,5 m ³ EOL/år)	40,6 (5 m ³ EOL/år)	32,5 (4 m ³ EOL/år)
Installationsår	2003	1999 (2002) ^a	1998	2003	2002
Investeringskostnad [kkr]	123	135	90	145	115
Nominell uteffekt från värmepump/ tillsats, (0/50°C) [kW]	6,6/6	10,9/23,3 ^b	6,6/6 ^c	10,5/9	7,1/9
Inställning, reglersystem ^d	Normal	Normal	Låg	Normal	Normal
Energibrunnsdjup, (aktivt) [m]	130	168	92	170	139
Typ av VVB	extern	extern elberedare	intern	extern	intern
Värmesystem	radiatorer	radiatorer (golvslinga i uterum)	radiatorer	radiatorer	radiatorer

a. Värmepumpen byttes 2002.

b. Den gamla oljepannan utgör spetsvärmekälla för rumsuppvärmning men fungerar även som ackumulatortank. Ingående kallvatten till varmvattenberedaren förvärms i oljepannan. Effekter angivna vid 0/45°C.

c. Effekter angivna vid 0/45°C.

d. Normal inställning betyder i allmänhet att inställning har gjorts i enlighet med rekommendationer från tillverkare.

3 Metod

3.1 Mätningar

Årsmätningen inkluderade mätning av nedan listade storheter.

- Förbrukad värmemängd till rumsuppvärmning,
- förbrukad värmemängd till beredning av tappvatten,
- förbrukad el-energimängd för hela anläggningen,
- förbrukad el-energimängd för tillsatsvärmeanläggning,
- inne- och utomhustemperaturer,
- inkommande och utgående köldbärartemperatur (anl. A, D, E),
- Kompressorgångtid (anl. C, D, E).

Värmemätare installerades mellan värme- respektive tappvattensystem samt värmepump för mätning av förbrukad värmemängd både till uppvärmning samt till tappvatten. Detta innebär att interna värmeförluster, som i realiteten oftast kommer fastigheten tillgodo, ej mäts. Mätarna installerades så nära värmepumpen som möjligt för att minimera nämnda förlustpåverkan.

Tillsatsvärmeanläggningens elförbrukning mättes indirekt med hjälp av gångtidsmätare samt momentanmätningar av el-effekt för tillsatsens respektive effektsteg.

Inne- och utomhustemperatur loggades kontinuerligt på plats. Inomhusgivare placerades centralt i fastigheterna på platser fria från solinstrålning och andra störningskällor.

Utomhusgivare placerades på fasad mot norr eller nordost. Även köldbärartemperaturer loggades kontinuerligt.

Mätdata avlästes i regel veckovis av anläggningsägarna och avrapporterades regelbundet till SP. Mätdata har sammanställts månadsvis.

3.2 Utvärdering

De fem anläggningarna har huvudsakligen utvärderats genom beräkning av årsvärmefaktorer, månadsvis värmefaktor, energitäckningsgrad samt energibesparing enligt nedan.

Årsvärmefaktor:

$$SPF_{va} = \frac{\sum(Q_1 + Q_{vv})}{\sum W_T} \quad : (1)$$

$$SPF_{vpa} = \frac{\sum(Q_1 + Q_{vv} - Q_{tva})}{\sum(W_T - W_{tva})}$$

Månadsvis värmefaktor:

$$COP_{va} = \frac{Q_1 + Q_{vv}}{W_T} \quad : (2)$$

$$COP_{vpa} = \frac{Q_1 + Q_{vv} - Q_{tva}}{W_T - W_{tva}}$$

Energitäckningsgrad:

$$ETG = \frac{Q_1 + Q_{vv}}{Q_1 + Q_{vv} + Q_{tva}} \quad : (3)$$

Energibesparing:

$$Besparing = Q_1 + Q_{vv} - W_T \quad : (4)$$

Där:	SPF_{va}	Systemårsvärmefaktor [-]
	SPF_{vpa}	Årsvärmefaktor [-]
	COP_{va}	Systemvärmefaktor [-]
	COP_{vpa}	Värmefaktor [-]
	Q_1	Förbrukad värmemängd för uppvärmning [kWh]
	Q_{vv}	Förbrukad värmemängd till tappvatten [kWh]
	Q_{tva}	Värmemängd från tillsatsvärmeanläggning (= 0,95* W_{tva}). [kWh]
	W_T	Total el-förbrukning [kWh]
	W_{tva}	Tillsatsvärmeanläggningens el-förbrukning [kWh]

4 Mätutrustning

Följande utrustning användes vid mätningarna.

El-energi	ABB Deltameter CBB 211700
Gångtid	Paladin
El-effekt	Siemens B4301
Värmemätare	Siemens Ultraheat 2WR5151
Lufttemperatur	Easy Log 24 RFT
Yttemperatur	Easy Log 40 KH

5 Resultat

Resultatet från denna undersökning gäller endast för just de system som ingått i studien vid de förutsättningar som varit under mätperioden.

5.1 Sammanfattande resultat

Mät och beräkningsresultat finns sammanfattat i tabell 2 nedan. Resultatet är till viss del beroende av att uppgifter lämnade från anläggningsägare är med sanningen överensstämmande. Mer detaljerade mät- och beräkningsresultat presenteras i bilaga 1 respektive 2.

Tabell 2. Sammanfattande resultat.

Uppmätta storheter					
	A	B	C	D	E
Värmeförbrukning, uppv. Q_1 [MWh]	23,4	28,2	17,5	42,3	37,2
Värmeförbrukning, varmvatten Q_{vv} [kWh]	4006	1924	1045	1379	1765
Total el-förbrukning W_T [kWh]	10066	11867 ^a	7348	15299	15967
Utomhustemperatur, årsmedelvärde [°C]	5,8	7,3	5,2	6,9	4,7
Inomhustemperatur, årsmedelvärde [°C]	20,7	20,3	19,9	21,3	20,9
Beräknade storheter					
	A	B	C	D	E
Årsvärmefaktor, COP_{vpa}	3,1	2,7 ^a	2,5	3,1	3,0
Systemårsvärmefaktor, COP_{va}	2,7	2,5 ^a	2,5	2,9	2,4
Systemvärmefaktor (sep – apr)	2,8	2,6	2,6	2,9	2,4
Systemvärmefaktor (maj – aug)	2,2	1,6	2,3	2,7	3,0
Täckningsgrad [%], ETG	94	96	100	97	90
Besparing ^b [MWh]	17,3 (18,7)	18,2 (21,5)	11,2 (11,5)	28,4 (31,1)	23,0 (22,6)
Besparing ^b vid konvertering från oljepanna [kkr/år]	11,0 (12,8)	11,3 (15,8)	6,4 (6,8)	23,3 (27,3)	20,1 (19,1)
Uppgifter från energikalkyl i respektive offert					
	A	B	C	D	E
Systemårsvärmefaktor ^c	2,8	-	2,8	2,6	3,3
Energitäckningsgrad [%]	94	-	100 (99,9)	96	99
Årlig besparing ^d [MWh]	19,1	-	12,0	23,1	22,5

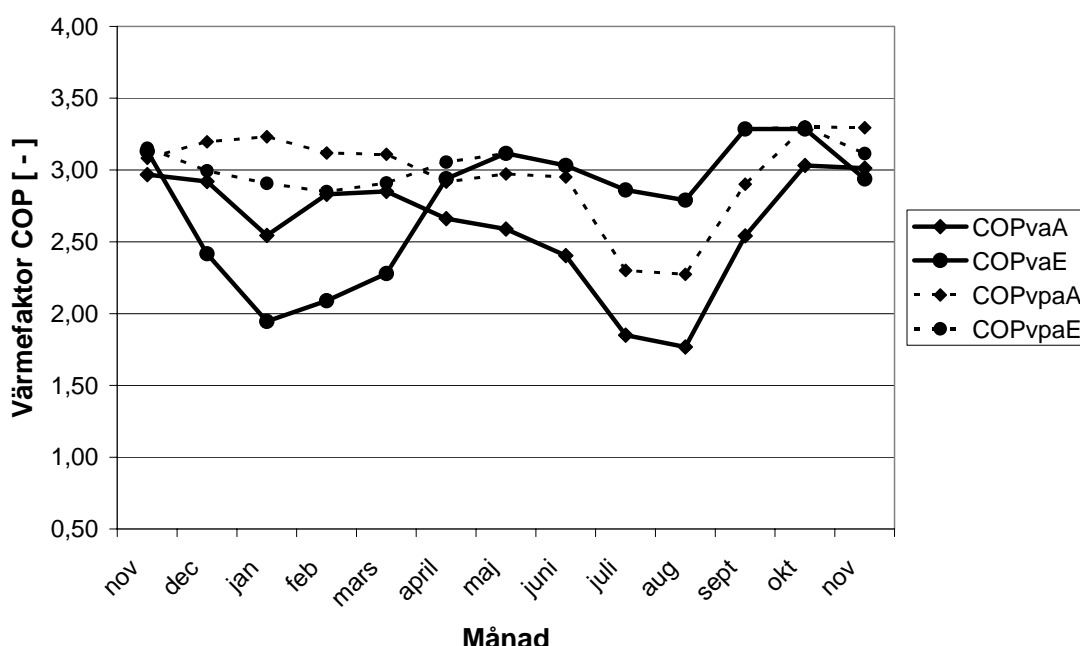
- Dessa värden har korrigerats med förväntad energiförbrukning på externa cirkulationspumpar som ej ingått i W_T . Utan denna korrektion blir årsvärmefaktorn 3,0 och systemvärmefaktorn 2,7 och elförbrukningen 11 153 kWh.
- Värden inom parentes är normalårskorrigerade. Dessa är beräknade utifrån förväntade systemårsvärmefaktorer för ett normalår. Den ekonomiska besparingen är beräknad med ett oljepris på 8500 SEK/år, ett el-pris på 85 öre/kWh, hela anläggningen är belånad till 4 % ränta under 15 år. Både årlig energiprishöjning och inflation antogs till 2 %.
- Systemårsvärmefaktorn finns inte alltid explicit angiven i kalkylen varför den i vissa fall har beräknats från övrig angiven information.
- Nettoenergiesparning framräknat från övrig angiven information.

5.2 Kommentarer och analys av resultatet

5.2.1 Värmefaktor

Systemvärmefaktorn är det godhetstal med störst relevans vid utvärderingen av bergvärmeanläggningar eftersom den avgör den faktiska effektiviteten för systemet som i slutändan styr uppvärmningskostnaden. Även en bra värmepump med hög årsvärmefaktor kan, om den installeras i ett dåligt anpassat system, förlora starkt i effektivitet.

Månatliga systemvärmefaktorer finns exemplifierade i figur 1 nedan, där värmefaktor respektive systemvärmefaktor för anläggning A och E redovisas. För studie av övriga anläggningar hänvisas till bilaga 1 och 2.



Figur 1. Månatliga system- och värmefaktorer för anläggning A och E.

Gemensamt för merparten av anläggningarna, inte minst anläggning A ovan, är en mer eller mindre markant försämring av systemvärmefaktorn under perioden juni - augusti. Förklaringen till detta är att de interna värmeförlusterna från värmepumpen, som alltså inte mätts i undersökningen, proportionellt sett inverkar mer när värmeförbrukningen minskar samt att varmvattenberedningen utgör en större andel av den totala driften under sommarmånaderna. Värmepumpar är i regel behäftade med sämre värmefaktor vid varmvattenberedning än vid rumsuppvärmning. Dessutom tillkommer driveffekter för cirkulationspumpar som i regel alltid är i drift, åtminstone värmebärarpumpar, och som under perioder med långa driftstillestånd, t.ex. under sommaren, kan betraktas som en ren förlust. Värmebärarpumpar har varit i konstant drift för alla i studien ingående anläggningar. Kompressorgångtiden per timme förfluten tid är 70 - 80 % högre under uppvärmningssäsongen än under sommaren (gäller anläggning C, D och E),

varför påverkan från pumparna blir mer märkbar då ett väldigt litet värmebehov föreligger. Det av pumparna producerade och till värmebärarsystemet överförda förlustvärmets är i allmänhet inkluderat i Q_1 , så länge växelventilen varit orienterad ut mot radiatorsystemet. För anläggning B är så inte fallet för två externa pumpar, som matar radiatorsystemet och golvvärmeslingan (se bilaga 3), då värmemätaren installerats mellan ackumulatortanken (oljepannan) och värmepumpen. Inga korrekationer för detta har utförts.

Figur 1 är ett tydligt exempel på hur en förhållandevis bra värmepump försämras om den installeras i ett system till vilket den inte är anpassad. Anläggning E har genomgående en relativt hög värmefaktor medan systemvärmefaktorn är låg, framförallt under perioden januari till februari då värmebehovet har varit som störst och tillsatsvärmeanläggningen har fått täcka en stor del av energibehovet (ca. 10 – 25 %). Baserat på kompressorns gångtid under januari (mätperiodens kallaste månad) är den avgivna medelvärmeeffekten från värmepumpen ca 6,9 kW och från anläggningen som helhet ungefär 9,2 kW. Detta vid en månadsmedeltemperatur så pass hög som $-6,6\text{ °C}$. Tillsatsen börjar gå in vid en utetemperatur på -2 °C till -3 °C vilket även med alla teknisk-ekonomiska aspekter beaktade får anses högt. Kompressorgångtiden under perioden dec – mar för anläggning E är något större än för D och nästan dubbelt så stor som för anläggning C. Både D och E är i drift ca 90 % av tiden denna period medan motsvarande värde för anläggning C är drygt 60 % vilket belyser förhållandet mellan anläggningarnas avgivna effekt och fastigheternas behov. Anläggning C har en avgiven värmeeffekt i förhållande till behovet som är nästan 30 % större än vad fallet är för D och E fastän en relativt hög andel av den senares effektbehov täcks av tillskottet (ca. 18 %). Med tanke på att medeleffekten för anläggning E under januari i stort motsvarar den nominella uteffekten för anläggningen (se tabell 1) samt att andelen tillsatsvärme i snitt är 13 % högre än för de övriga systemen ligger det nära till hands att dra slutsatsen att värmepumpen är underdimensionerad i förhållande till fastighetens effektbehov. Man bör dock ha i åtanke att utetemperaturen generellt sett har varit lägre för anläggning E än för övriga anläggningar (se figur 9) varför viss försiktighet bör iaktas vid tolkning av resultatet. En lägre utetemperatur ökar fastighetens effektbehov i relation till de övriga varför resultatet blir något orättvist.

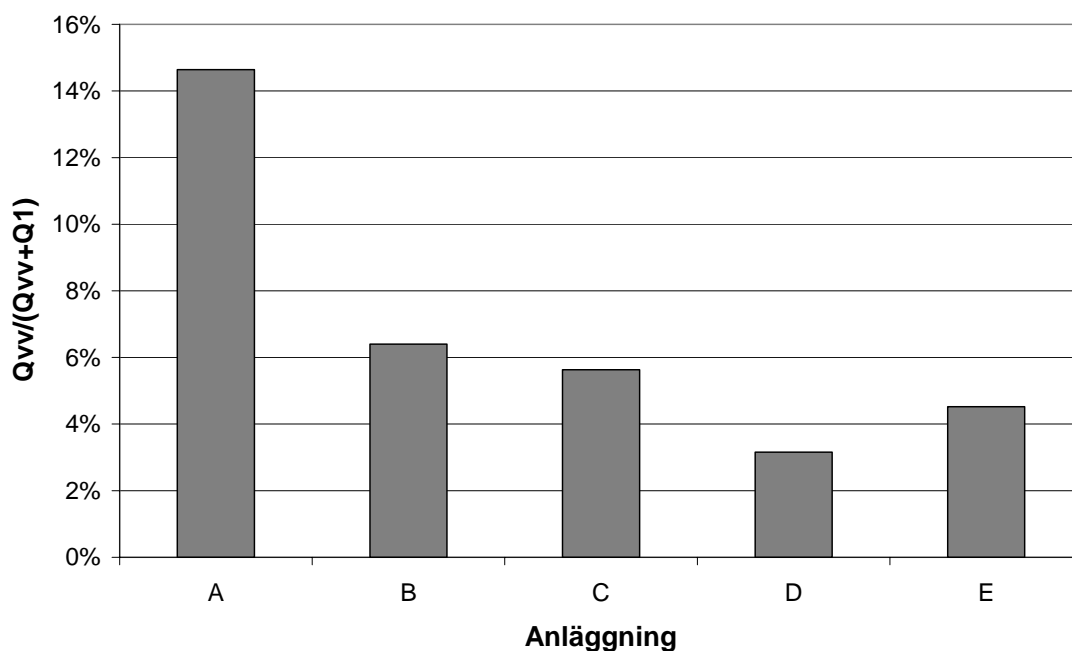
Anmärkningsvärt är dessutom att anläggning E är den enda av alla i undersökningen ingående system som har högre systemvärmefaktor under sommarperioden än under uppvärmningssäsongen. Dock kan en viss stagnation märkas vid studie av värmefaktorn, speciellt vid jämförelse med september och oktober som ger en aning om hur anläggningens prestanda skulle kunna vara. Under dessa månader har energibrunnen värmts upp och utetemperaturen har ännu inte nått de nivåer som kräver tillsatsvärme men är ändå så låg att proportionen varmvattenberedning av den totala driften har minskat kraftigt. Att stagnationen under sommarmånaderna är så låg kan tolkas som att den aktuella värmepumpen påvisar relativt sett goda egenskaper vid varmvattenberedning och att den är väl isolerad, dvs. att förlusterna är små. Men även det faktum att värmebehovet under

dessa månader var något större för anläggning E (i medel ca 3 %) än för övriga anläggningar, bör tas i beaktande då även det till viss del bidrar.

För anläggning A däremot följer i stort sett system- och årsvärmefaktorn varandra även om bilden kompliceras något av att varmvattenförbrukningen och därmed även varmvattenberedningen är stor relativt övriga anläggningar, samt att tillsatsen spetsvärmer tappvarmvattnet var tredje dag, vilket inte är fallet med anläggning E. Kombinerat ger detta en relativt stark inverkan på systemvärmefaktorn, samt i viss mån även på värmefaktorn, vilket i huvudsak förklarar diskrepansen mellan system- och årsvärmefaktor under perioden maj-september och som inte står att finna för anläggning E, där ingen tillsats används under perioder utan stort värmebehov. Den stigande värmefaktorn för anläggning A under november till januari kan sannolikt härledas till en ökande andel drift för rumsuppvärmning i förhållande till varmvattenberedning.

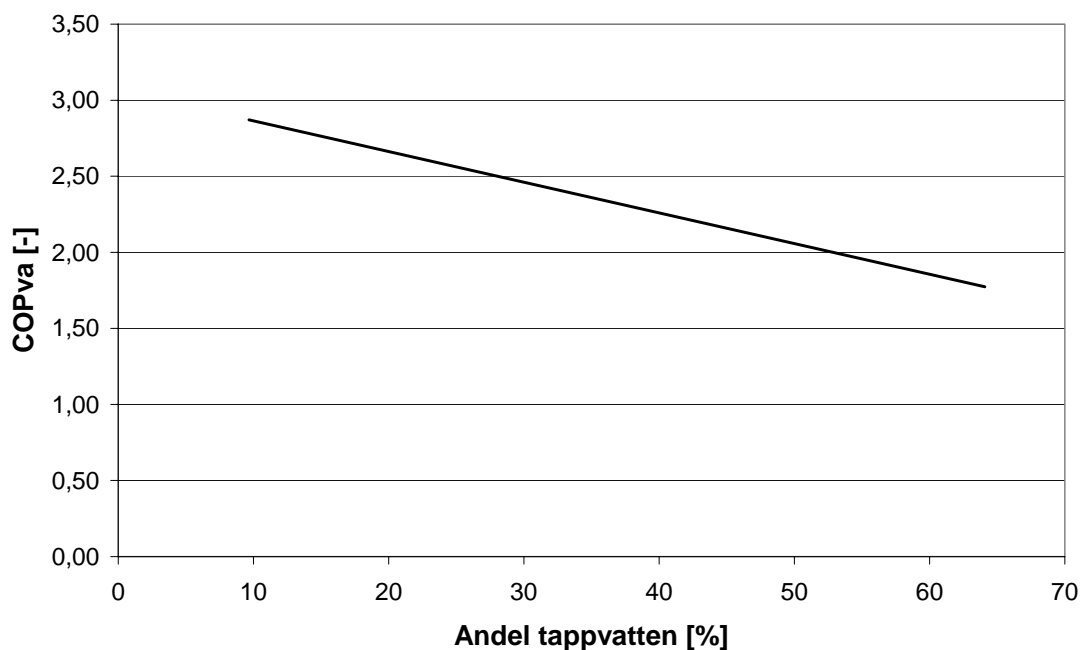
För att kvantifiera skillnaden i systemvärmefaktorer under perioderna november – september respektive maj – augusti har dessa beräknats och finns redovisade i tabell 2. Trots en till stora delar regnig och mulen sommar, om än inte särskilt kall, som har resulterat i ett ovanligt högt värmebehov under denna period, i medel ca 70 % högre än normalt, är systemvärmefaktorn i genomsnitt ungefär 11 % lägre under sommarperioden än under uppvärmningssäsongen. Om anläggning E borträknas blir motsvarande andel knappt 20 %.

Man kan ana från det tidigare resonemanget att brukarbeteendet till viss del kan påverka en bergvärmeanläggningens effektivitet. Den uppmätta fördelningen av varmvattenbehov respektive värme till uppvärmning för de undersökta anläggningarna illustreras i figur 2 nedan. Som synes varierar detta väsentligt mellan anläggningarna vilket främst beror på brukarbeteende, typ och storlek på fastigheten och till viss del även hushållets storlek.



Figur 2. Andel tappvattenanvändning i förhållande till total värmeanvändning.

Betydelsen av andelen varmvattenberedning i relation till den totala energianvändningen exemplifieras i figur 3 nedan där COP_{va} plottats som funktion av andelen tappvattenförbrukning för anläggning A.



Figur 3. COP_{va} som funktion av andel tappvattenförbrukning för anläggning A.

Värmeffaktorn visar som väntat en sjunkande trend i takt med att varmvattenförbrukningen ökar. Figuren ska dock inte tolkas som att

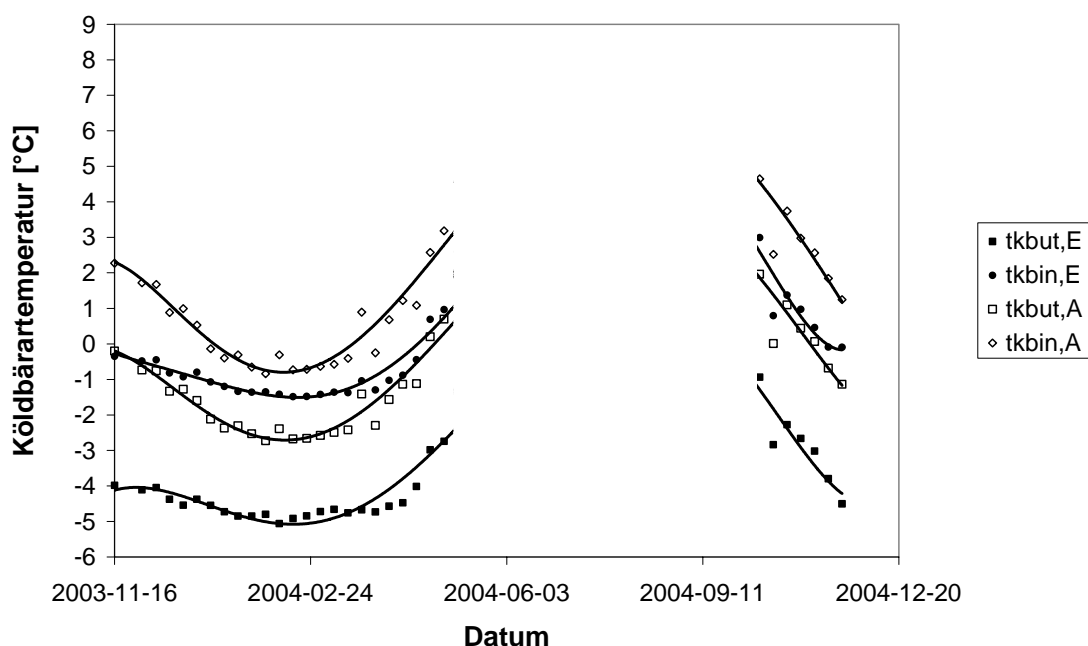
varmvattenberedningen ensamt orsakar förändringen eftersom påverkan från förluster och pumpar är inbakade. Det är inte heller enbart andelen tappvattenanvändning som ingår i brukarbeteendet utan även vald inomhustemperatur. En hög inomhustemperatur under uppvärmningssäsong kommer att leda till ett högre effekt- och värmebehov vilket kan resultera i en försämring av anläggningens prestanda.

Anläggning B har en något oortodox strategi vad gäller värmepumpens drift då man inte anser att värmepumpen ska bereda varmvatten, varför den normalt är avstängd under juni till augusti varmed värmebehovet, som under sommaren i stort sett bara utgörs av tappvarmvatten, täcks av den elektriska beredaren. Detta är givetvis anledningen till den extremt låga täckningsgraden och systemvärmefaktorn (se figur B:1 och B:2 i bilaga 2) under denna period då värmepumpen till stora delar har varit avstängd även om den dåliga sommaren har renderat i högre drifttid än normalt. Under övriga året förvärms det till beredaren ingående kallvattnet i oljepannans batteri.

Även anläggning D påvisar en relativt markant nedgång i systemvärmefaktor under juli – augusti samt en mycket stark uppgång i september. Detta beror troligen på dynamisk tröghet i systemet, dvs. att produktionen av värme inte sammanfaller med förbrukningen av densamma.

Förenklat kan man säga att för att optimera värmefaktorn för en värmepump ska man eftersträva att hålla kondenseringstemperaturen (varma sidan) så låg som möjligt och förångningstemperaturen (kalla sidan) så hög som möjligt. För att påverka dessa är man på varma sidan begränsad till att optimera inställning av reglersystem samt att ändra värmebärrarflödet så att avkylningen blir optimal (8 – 10 °C), under förutsättning att man inte byter till ett lågtemperaturssystem. På kalla sidan är man, något tillspetsat, tvungen att göra rätt från början. Förångningstemperaturen är avhängig vilken köldbärartemperatur man har som i sin tur beror av en rad faktorer som man i regel inte kan kontrollera. Dock ska man aldrig utforma en energibrunn så att den aktiva sektionen (det vattenfyllda djupet) blir för grunt, eller lämna ledningar mellan brunnen och värmepumpen oisolerade.

Figur 4 nedan illustrerar in- och utgående köldbärartemperaturer för anläggning A respektive E under mätperioden. Mätpunkter vid vilka anläggningen sannolikt inte har varit i drift är bortsållade. Pga. de relativt korta gångtiderna sommartid i kombination med systemets termiska tröghet är ljusa segment osäkra eftersom mätdata loggades med 10 minuters intervall.

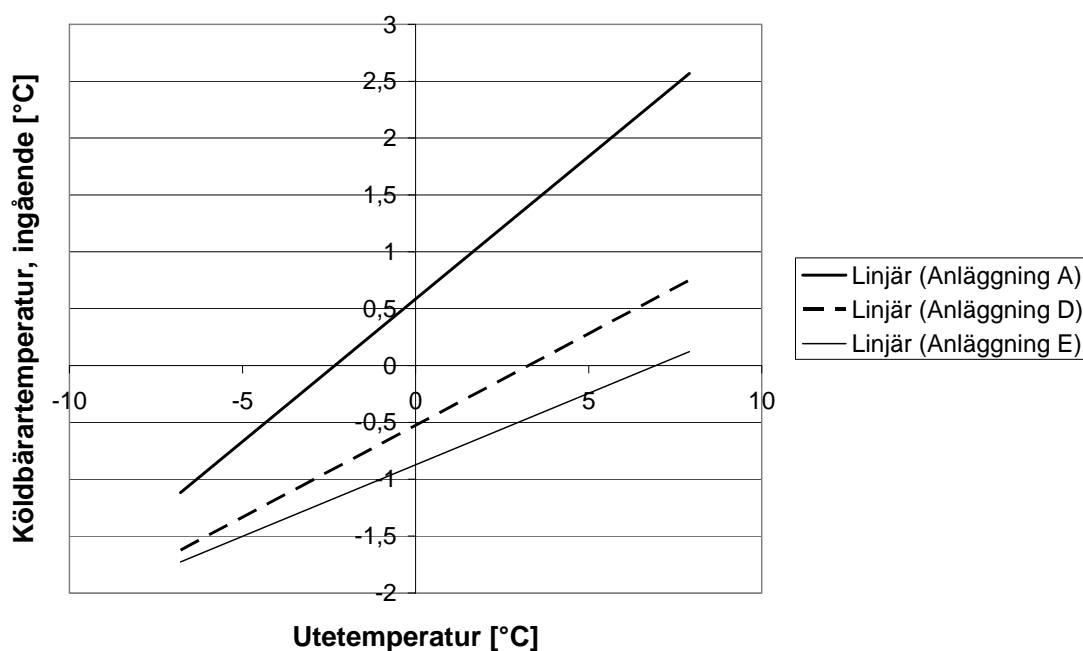


Figur 4. Köldbärartemperaturer för anläggning A och E.

Figuren visar att köldbärartemperaturen varierar relativt mycket mellan anläggningarna men även under året. Inte bara i absoluta tal utan även i avkylning, dvs. temperaturdifferens mellan in- och utgående köldbärare. Anläggning A har en relativt hög ingående köldbärartemperatur men en låg avkylning på ca 2 K under uppvärmningssäsongen vilket, till en viss gräns, är positivt eftersom det håller upp medeltemperaturen på köldbäraren. Avkylningen ska normalt ligga på 2 – 5 K. Förklaringen till den låga avkylningen är troligen att köldbärarflödet är högt varför man gott skulle kunna tänka sig att vrida ner köldbärarpumpen ett snäpp och på så vis spara drivenergi. En hög temperaturnivå på köldbäraren är som sagt gynnsamt för anläggningens effektivitet och är troligen en förklaring till anläggningens förhållandevis goda värmefaktor trots den relativt höga andelen varmvattenberedning och tillskottsvärme.

Anläggning E däremot uppvisar en låg temperaturnivå, mindre än -1 °C på inkommande köldbärare under större delen av uppvärmningssäsongen samt en hög avkylning. Förutom en hög andel tillsatsvärme är alltså anläggning E även missgynnad av en något lägre köldbärartemperatur. Vid jämförelse av de två systemen bör man dock beakta att anläggning E har varit i drift ett år längre än anläggning A varför köldbärartemperaturen kan förväntas vara något lägre då det tar lång tid innan energibrunnen är i termisk balans.

Figur 5 nedan illustrerar hur den ingående köldbärartemperaturen påverkas av omhustemperaturen för anläggning A, D och E (maj – augusti ej medtaget).

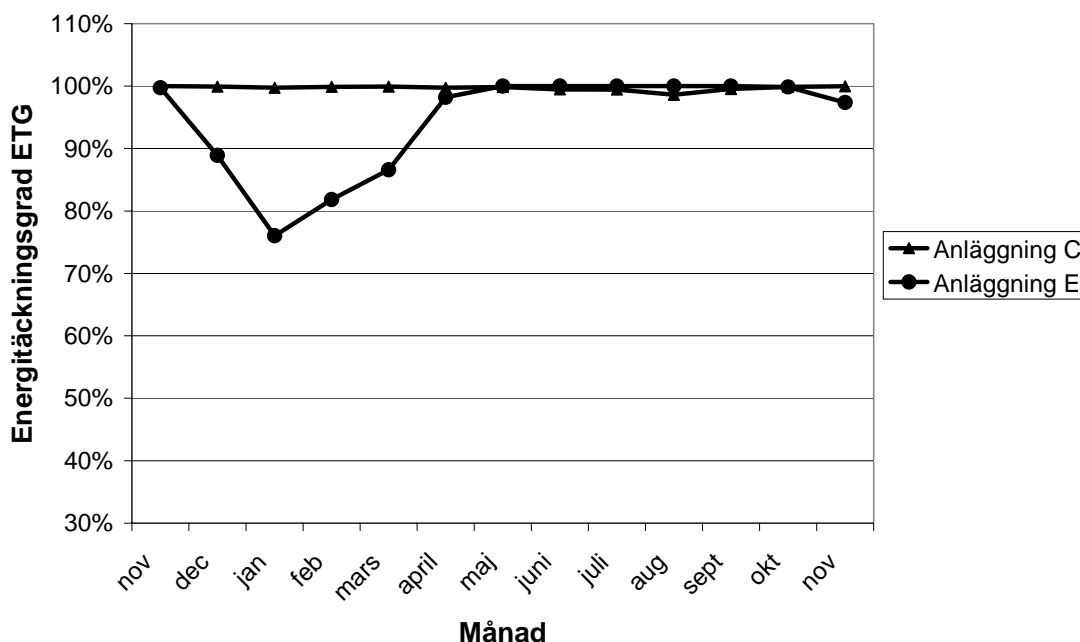


Figur 5. Köldbärartemperatur som funktion av utetemperatur för anläggning A, D och E under uppvärmningssäsong.

Förutom att själva temperaturnivåerna varierar mellan anläggningarna i figur 5 märks en skillnad i lutning på graferna. Anläggning A tenderar att visa mest säsongpåverkan på köldbärartemperaturen följt av anläggning D. Tydligt är att en högre temperaturnivå i energibrunnen ger en snabbare avkylning under uppvärmningssäsongen vilket inte är särskilt förvånande då värmeöverföringen från omgivningen ökar med sjunkande temperatur i brunnen. Vidare visar studie av den nominellt upptagna värmeenergin per aktiv meter för anläggning A, D och E (19, 29 respektive 26 kWh/m) en trend som överensstämmer med grafernas utseende, förutom för anläggning E vars upptagna värmeenergi borde överstiga den för anläggning B. Anläggning E har dock längre drifttid i ryggen, vilket nämnts tidigare, varför energibrunnens temperatur naturligt är lägre pga. förra årets avkylning inte till fullo har hunnit återhämtas under sommaren. Vad som är förvånande däremot är skillnaden i temperatur mellan anläggning A och D eftersom de har nästan exakt lika lång drifttid bakom sig. Detta innebär att temperaturen från start var ungefär 2-3°C lägre för anläggning D än för anläggning A. Orsaker kan vara naturliga skillnader i grundvattentemperatur mellan de två platserna, brunnarnas utformning (anläggning D's brunn är 50 meter djupare), omkringliggande bergvärmeanläggningar, grundvattenflöden i brunnen m.m. Detta understryker svårigheten att exakt dimensionera en energibrunn.

5.2.2 Energitäckningsgrad

Månatlig energitäckningsgrad exemplifieras i figur 6 nedan där täckningsgraden för anläggning C och E redovisas (för övriga hänvisas till bilaga 1 och 2).



Figur 6. Månatlig energitäckningsgrad för anläggning C respektive E.

Täckningsgraden beaktar i detta fall inte förluster och är beräknad på nettoenergiebehovet. Dels därför att de faktiska förlusterna är okända och dels därför att det är svårt att avgöra deras ursprung, dvs. hur stor del som kommer från tillskottsanläggningen och hur stor del som kan härledas till värmepumpen. Om det kan antas att andelen värmeförluster från tillskottsvärmeanläggningen är proportionell mot dess totalt producerade värmemängd under en tidsperiod kan förlusterna försummas eftersom täckningsgraden skulle bli den samma. Man bör vara medveten om att förlusterna från en bergvärmeanläggning nästan alltid kan betraktas som nyttig energi, även sommartid och speciellt i äldre hus. Förlusterna bidrar i viss mån till förbättrad ventilation för fastigheter med självdrag och dessutom minskar de den ”råhet” som lätt uppstår i dess närmaste omgivning under sommaren. Eftersom förlusterna från en värmepump är långt mycket mindre än de från en olje- eller elpanna kan det dock vara lämpligt att installera en extra radiator i det gamla pannrummet för att förbättra ventilationen om den aktuella fastigheten har självdragsventilation.

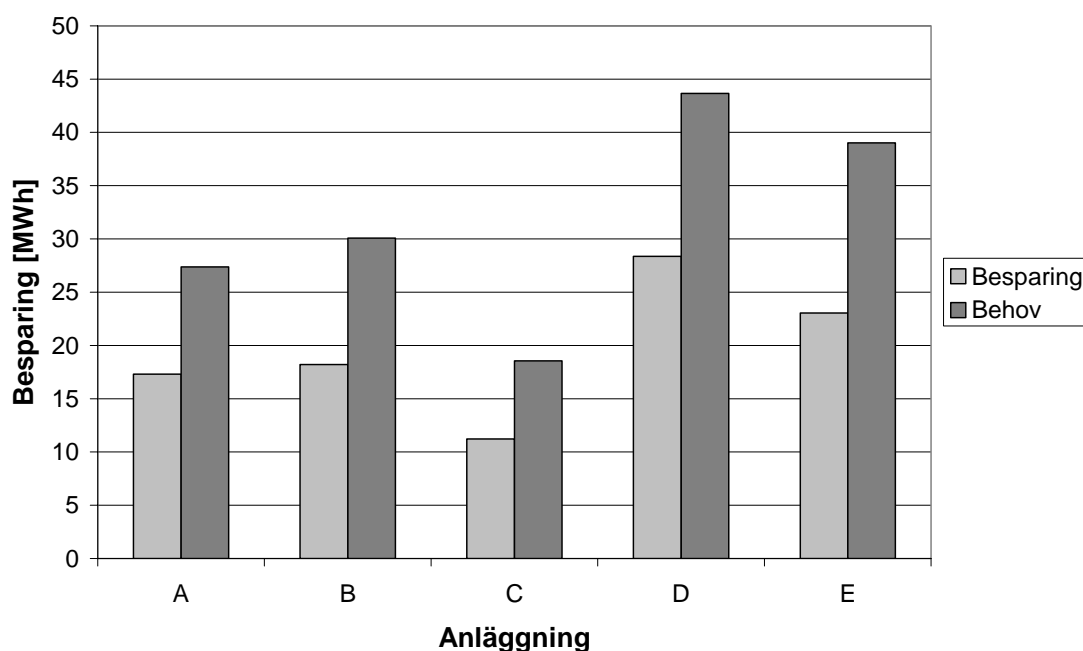
Inte särskilt förvånande så varierar även energitäckningsgraden mellan anläggningarna och under året på ett sätt som liknar systemvärmefaktorns variation, eftersom täckningsgraden är starkt knuten till många faktorer som även påverkar systemvärmefaktorn. Variationen är avhängig hur väl anläggningen är dimensionerad i förhållande till fastighetens effektbehov, energibrunnens aktiva djup, inställning av reglersystem m.m. En hög täckningsgrad innebär både för- och nackdelar. Ur energibesparingssynpunkt är en hög täckningsgrad fördelaktig

eftersom det bara är den energimängd som produceras av värmepumpen som bidrar till besparingen. Å andra sidan tyder en hög täckningsgrad på att anläggningen har en hög effektkapacitet i förhållande till effektbehovet vilket resulterar i att värmepumpens drift kan bli ogynnsam med korta drifttider. Detta kommer att sänka systemvärmefaktorn och troligen även anläggningens livslängd. Vidare blir investeringskostnaden högre än nödvändigt om anläggningen är överdimensionerad. Det är dock ekonomiska aspekter som avgör lönsamheten vid en sådan dimensionering eftersom den ökade energibesparingen och höga täckningsgraden ekonomiskt kan överväga nackdelarna. Anläggning C ovan är ett exempel på där värmepumpens kapacitet är stort i förhållande till effektbehovet då el-tillsatsen i stort sett endast har varit i drift för att spetsvärma tappvarmvattnet, vilket ger genomslag på täckningsgraden först under sommarperioden då värmeanvändningen är låg.

Den mycket låga täckningsgraden för anläggning B under sommarmånaderna, som kan studeras i bilaga 2, beror även här på att värmepumpen var avstängd under stora delar av perioden. El-beredarens energiförbrukning har därvid ansetts utgöra tillskottsenergi.

5.2.3 Besparing

Energibesparingen under mätperioden varierade mellan 11,2 och 28,4 MWh med ett genomsnitt på ca 20 MWh motsvarande ungefär 59 – 63 % av respektive fastighets energibehov. Energibesparingen är baserad på uppmätta nettovärden och finns redovisad i figur 7 nedan.



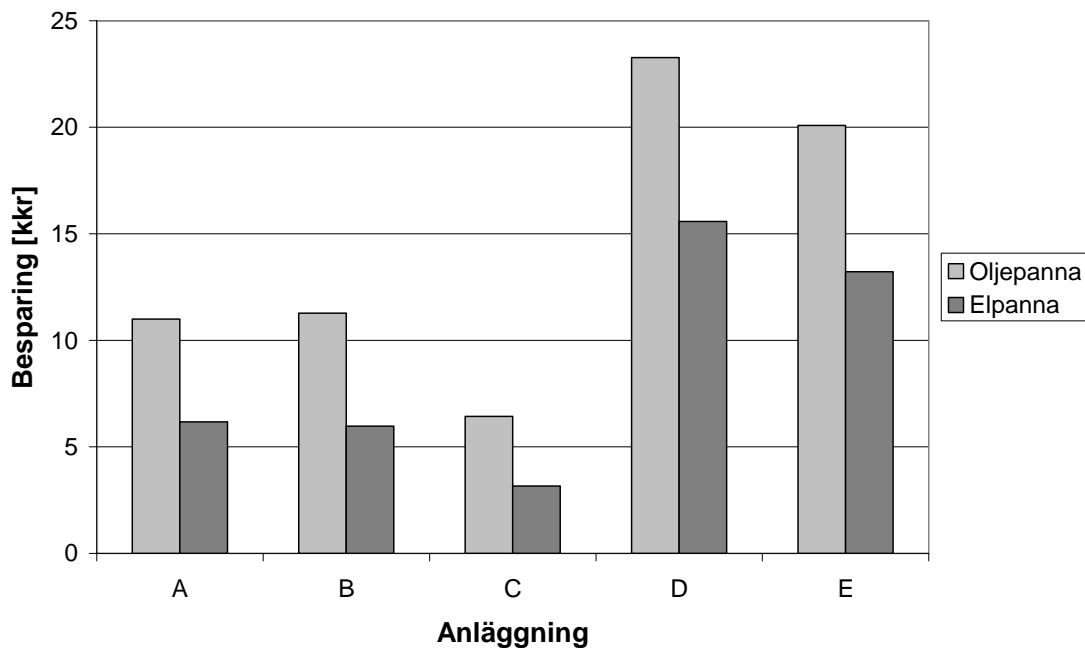
Figur 7. Energibesparing relativt energibehov.

Undersökningen visar att energibesparingen generellt sett är av den storleksordning som anges i energiberäkningen.

En ekonomisk analys har utförts med syfte att uttrycka besparingen i ekonomiska termer. Den ekonomiska besparingen har något förenklat uppskattats med hjälp av annuitetsmetoden och med nedan listade antaganden.

- Totalt el-pris: 85 öre/kWh inklusive nätavgift och skatt.
- Oljepris: 8500 SEK/m³ (\approx 84 öre/kWh_{brutto}).
- Hela installationskostnaden belånad (annuitetslån: 4 % realränta och 15 års löptid).
- Årlig energiprisökning: 2 %.
- Inflation: 2 %
- 80 % pannverkningsgrad för oljepanna och 95 % för elpanna.
- Minskade underhållskostnader: 500 SEK/år.

Resultatet från analysen redovisas i figur 8.

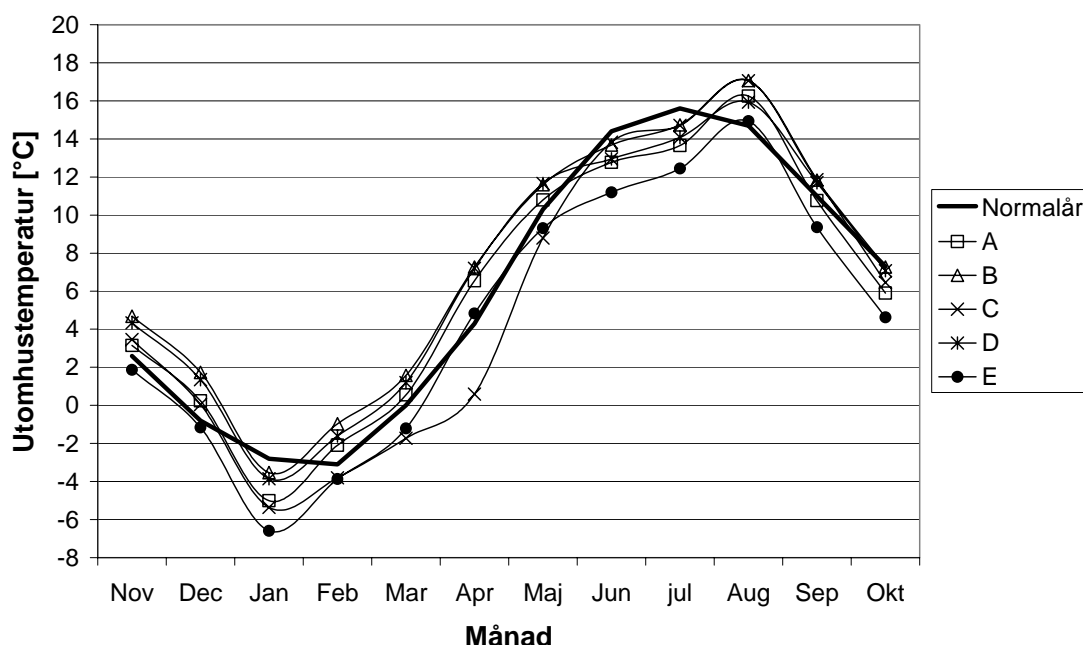


Figur 8. Genomsnittlig årlig besparing beräknat enligt annuitetsmetoden för de ingående anläggningarna om konvertering skett från elpanna respektive oljepanna.

Den analysmetod som tillämpats innebär att besparingen är differensen mellan det genomsnittliga inbetalningsöverskottet (från energibesparing och minskade underhållskostnader) och den genomsnittliga årliga kapitalkostnaden vid de förutsättningar som listats ovan, under antagandet att alla investeringar gjordes samtidigt.

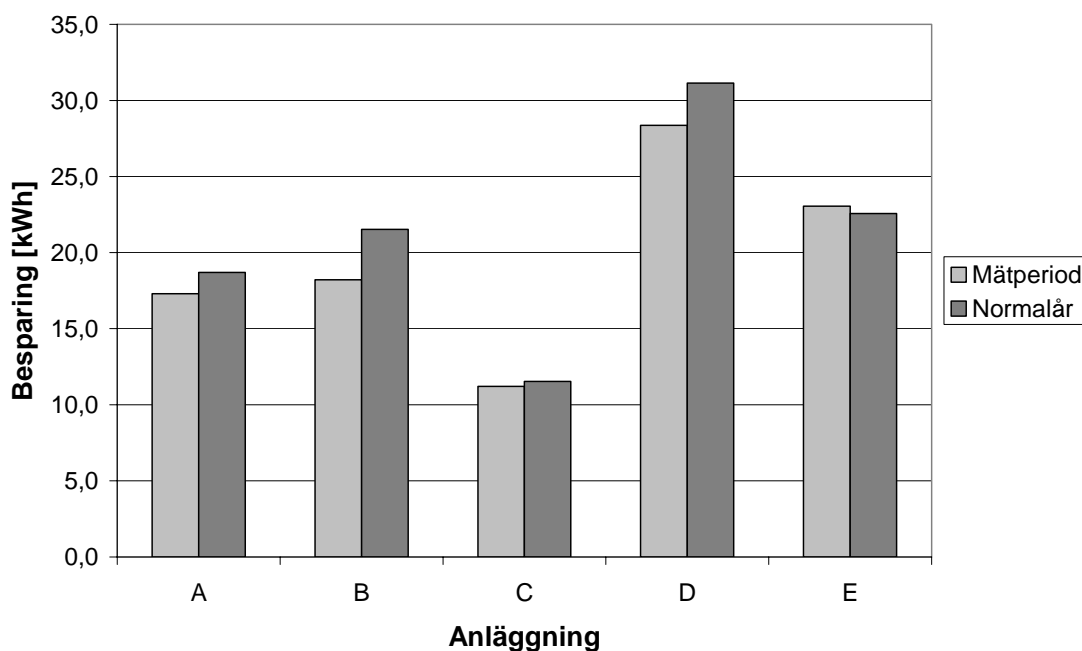
På grund av det historiskt sett extremt höga oljepris som rått vid tidpunkten för analysen blir besparingen långt mycket större vid konvertering från oljepanna än från el-panna vilket figuren tydligt visar. I dagsläget skulle det med andra ord vara betydligt mer lönsamt att konvertera till bergvärme från oljepanna än att konvertera från el-panna då besparingen blir relativt blygsam, åtminstone om energibehovet är litet. Den besparing man uppnår är alltså starkt knutet till det energibehov man har vilket anläggning E exemplifierar. Anläggning E har lägst systemvärmefaktor av de ingående anläggningarna men uppnår ändå den näst största besparingen pga. ett högt energibehov.

Ute- och inomhustemperaturer som dygnsmedelvärden finns redovisade i bilaga 2. En sammanställning över månadsmedelvärden relativt normalåret redovisas i figur 9 nedan.



Figur 9. Uppmätta utetemperaturer (månadsmedelvärden) samt motsvarande temperaturer för ett normalår.

Ute- och inomhustemperaturen har varierat mellan anläggningarna under året varför besparingarna som redovisats ovan inte är helt rättvisa. De uppvärmningsbehov som redovisas i tabell 2 har därför korrigerats till att gälla för ett normalår i Borås vid 20°C inomhustemperatur enligt SMHI's graddagar och korrigeringsmetod. Resultatet från normalårskorrigeringen redovisas i figur 10 nedan.



Figur 10. Totalt energibehov ($Q_1 + Q_{vv}$) för normalår respektive för mätperioden.

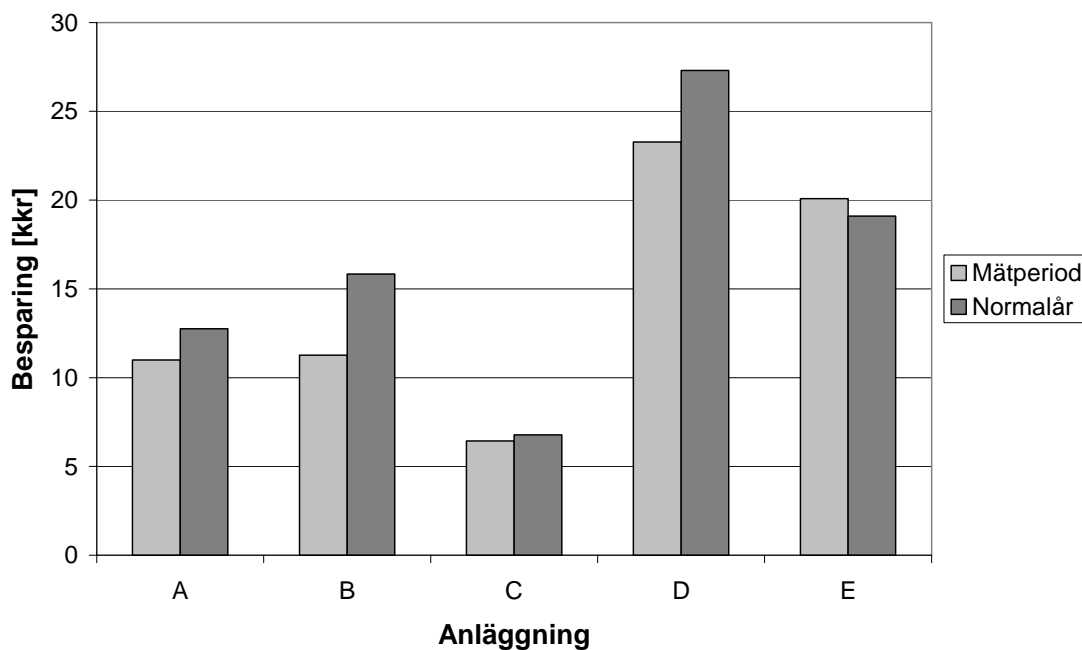
Systemvärmefaktorn som funktion av utetemperaturen har plottats för de fem anläggningarna (se bilaga 2) varmed systemvärmefaktorn för ett normalår grovt kan uppskattas om brukarbeteendet och övriga påverkande faktorer antas identiska med innevarande mätperiod. Tillvägagångssättet för denna uppskattning har varit fördelning av det normalårskorrigerade värmebehovet till uppvärmning på respektive månad med hjälp av graddagar, beräkning av systemvärmefaktor för normalårets utetemperaturer samt utgående från detta beräkning av respektive månads förväntade elanvändning. Efter summering av el- och värmeanvändningen kan således förväntad systemårsvärmefaktorn uppskattas. Resultatet från detta redovisas i tabell 3 nedan.

Tabell 3. SPF_{va} för normalår

Anläggning	SPF_{va} för mätperiod	SPF_{va} för normalår
A	2,7	2,8
B	2,5	2,5
C	2,5	2,6
D	2,9	2,7
E	2,4	2,6

Fastän normalårets förväntade systemårsvärmefaktorer är mycket grova och osäkra uppskattningar kan man ana att skillnaderna mellan anläggningarna till stor del neutraliseras om ute- och innetemperaturerna är identiska. Skillnaden i utetemperatur mellan anläggningarna kan därför sägas inverka relativt starkt på anläggningarnas prestanda. Vid studie av graferna där COP_{va} plottats som funktion av utetemperaturen (se bilaga 2) ger dock spridningen av mätpunkter en

indikation på att osäkerheten i allmänhet är större än förändringen varför stor försiktighet bör iakttas vid studie av tabell 3. Figur 11 nedan visar besparing för normalår respektive under mätperioden.



Figur 11. Besparing vid konvertering från oljepanna vid normalår samt under mätperioden.

Majoriteten av anläggningarna har en förväntad besparing för ett normalår som är högre än besparingen under mätperioden. Detta beror på att uttemperaturen var relativt hög under mätperioden varför energibehovet ökar vid korrektion till normalår, vilket i sin tur leder till en högre besparing. Undantaget är anläggning E där uttemperaturen var lägre än normalt.

6 Slutsatser

De utvärderade systemen har generellt sett systemårsvärmefaktorer ungefärligen i nivå med vad som anges i offertens energiberäkning, alternativt med vad som kan härledas från den, och i ett fall var den tom. bättre. Den genomsnittliga systemvärmefaktorn var under mätperioden 2,6 för de medverkande systemen.

I somliga fall anges inte systemårsvärmefaktorn explicit i besparings- och energikalkylen, vilket den borde, eftersom det är den som är mest relevant för att avgöra systemets effektivitet.

Även en värmepump med hög årsvärmefaktor kan bli en dyr affär när tillsatsvärme beaktas om värmepumpen är dåligt anpassad till det system i vilket den installeras och de förhållanden som råder där. Detta är anläggning E ett tydligt exempel på för vilken den uppmätta systemårsvärmefaktorn är ca 30 % lägre än vad som anges i offerten, på grund av att värmepumpen med största sannolikhet är underdimensionerad i förhållande till fastighetens värmebehov. Dock har utetemperaturen varit relativt låg för denna anläggning vilket har bidragit till en försämrad systemårsvärmefaktor. Under ett normalår är den förväntade systemårsvärmefaktorn ungefär 8 % högre och helt i nivå med övriga anläggningar.

Beräkning av energitäckningsgrad visar inte helt förvånande liknande resultat som systemvärmefaktorn eftersom båda är så starkt beroende av andelen tillsatsvärme. Täckningsgraden är generellt sett i nivå med vad som angetts av installatören i offerten, utom för den feldimensionerade anläggningen där täckningsgraden är 9 % lägre.

En hög systemvärmefaktor är dock ingen garanti för en hög besparing eftersom den är proportionell mot det energibehov man har. En anläggning med hög systemvärmefaktor, men lågt energibehov, ger i många fall en lägre besparing än en sämre anläggning som täcker ett högt energibehov. Anläggning E har den lägsta systemverkningsgraden av de fem anläggningarna men ändå den näst största besparingen pga. att dess energibehov är stort. Den rent ekonomiska besparingen är självklart också avhängigt vad man har som jämförelsegrund, dvs. vad man hade tidigare eller vilka investeringsalternativ man har. Med dagens höga energipris har en konvertering från oljepanna till bergvärme alla förutsättningar att bli en lönsam investering medan en konvertering från elpanna kommer att bli svårare att räkna hem. Energibesparingen ett normalår ligger för de medverkande anläggningarna på mellan 12 och 28 MWh vilket i grova drag ungefär överensstämmer med vad som angetts i offerterna. Om ett oljepris på 8500 SEK/m³, ett el-pris på 85 öre/kWh, lån med 4 % ränta och 15 års löptid samt inflation respektive årlig energiprishöjning blir medelbesparingen under lånets löptid ungefär 7 – 27 kkr/år vid konvertering från oljepanna under ett normalår och 3 – 19 kkr/år vid konvertering från elpanna.

Återbetalningstiden varierar mellan 5,3 och 13,3 år med ett medel på 8,6 år vid konvertering från olja. Vid konvertering från elpanna blir återbetalningstiden mellan 7,8 till 25,9 år med ett genomsnitt på 14,6 år.

De utvärderade anläggningarna har i stort fungerat som tänkt under och innan mätperioden med vissa mindre tekniska problem som el-bortfall pga. för liten servicesäkring och ingen effektvakt, byte av växelventilsmotor osv. Anläggning B har dock fått byta själva värmepumpen på grund av att bubblor i synglaset upptäcktes som inte försvann. Detta gick dock på garanti. Anläggning E har haft stora problem med att få respons från installatören vid förfrågningar om service och har dessutom erhållit ett slarvigt installationsarbete och en sämre effektivitet än förväntat och är på grund av detta missnöjd. I övrigt är anläggningsägarna överlag nöjda med sin bergvärmeanläggning.

Bilaga 1. Resultat i tabellform.

Tabell A:1 Resultat – anläggning A.

Månad ^a	Q ₁ [kWh]	Q _{vv} [kWh]	Q _{tva} [kWh]	W _T [kWh]	W _{tva} [kWh]	t _{ute} [°C]	t _{inne} [°C]	COP _{va} [-]	COP _{ypa} [-]	ETG [%]
November 2003	1130	153	22	432	23	3,1	20,2	3,0	3,1	93
December 2003	3280	525	152	1303	161	0,2	20,0	2,9	3,2	91
Januari 2004	4483	480	559	1951	588	-5,0	20,0	2,5	3,2	85
Februari 2004	3519	424	176	1393	185	-1,4 ^b	20,6 ^b	2,8	3,1	91
Mars 2004	3423	408	153	1344	161	0,6	20,9	2,9	3,1	91
April 2004	2040	228	105	852	110	6,6	21,0	2,7	2,9	91
Maj 2004	896	251	80	443	84	10,8	20,6	2,6	3,0	89
Juni 2004	437	384	89	342	93	12,8	20,9	2,4	2,9	85
Juli ^c 2004	312	196	87	275	91	13,7	20,7	1,9	2,3	81
Augusti 2004	137	244	78	215	82	16,3	22,4	1,8	2,2	78
September 2004	648	256	62	356	65	10,8	20,9	2,5	2,9	89
Oktober 2004	1914	314	80	735	84	5,9	20,2	3,0	3,3	92
November 2004	1141	145	48	51	427	3,2	20,2	3,0	3,3	91
Summa	23358	4006	1692	10066	1781					

a. F.o.m. 2003-11-16 t.o.m. 2004-11-14.

b. Mätvärden för perioden 12 – 16 februari saknas.

c. Semesterperiod. Bortresta stora delar av månaden.

Tabell A:2 Köldbärartemperaturer, anläggning A.

Månad ^a	Ingående (t _{kbin}) [°C]	Utgående (t _{kbut}) [°C]
November 2003	1,9	-0,5
December 2003	0,8	-1,4
Januari 2004	-0,6	-2,5
Februari 2004	-0,6	-2,6
Mars 2004	-0,1	-2,2
April 2004	1,6	-0,6
Oktober 2004	3,3	0,8
November 2004	0,9	-1,3

a. F.o.m. 2003-11-16 t.o.m. 2004-11-14.

Tabell B:1 Resultat – anläggning B.

Månad ^a	Q ₁ [kWh]	Q _{vv} [kWh]	Q _{tva} [kWh]	W _T ^d [kWh]	W _{tva} [kWh]	t _{ute} [°C]	t _{inne} [°C]	COP _{va} [-]	COP _{vpa} [-]	ETG [%]
November 2003	2766	180	73	1011	76	4,7	20,7	2,9	3,0	98
December 2003	4053	196	114	1599	120	1,7	20,3	2,7	2,7	97
Januari 2004	5290	184	94	2137	99	-3,5	19,8	2,6	2,6	98
Februari 2004	3803	175	93	1537	98	-0,3	20,2	2,6	2,7	98
Mars 2004	4004	215	119	1614	125	1,6	20,2	2,6	2,7	97
April 2004	2067	197	130	877	137	7,3	20,6	2,6	2,8	94
Maj ^b 2004	925	151	111	491	117	11,6	20,2	2,2	2,5	90
Juni ^b 2004	316	154	121	329	127	13,7	20,1	1,4	1,6	74
Juli-Aug ^c 2004	80	247	216	324	228	14,7	18,9	1,0	1,1	34
September 2004	1059	89	81	491	85	17,1	21,3	2,3	2,6	93
Oktober 2004	2380	108	81	919	86	11,8	20,8	2,7	2,9	97
November 2004	1414	30	26	539	27	7,3	20,8	2,7	2,8	98
Summa	28155	1924	1259	11867	1325					

a. Fom 2003-11-16 tom 2004-11-15.

b. Värmepumpen avstängd 18 – 23 maj samt stora dela av juni.

c. Familjen bortrest och värmepumpen avstängd större delen av perioden.

d. Korrigerad med förväntad drivenergi för externa cirkulationspumpar som ej mätts.

Tabell C:1 Resultat – anläggning C.

Månad ^a	Q ₁ [kWh]	Q _{vv} [kWh]	Q _{tva} [kWh]	W _T [kWh]	W _{tva} [kWh]	t _{ute} [°C]	t _{inne} [°C]	COP _{va} [-]	COP _{vpa} [-]	ETG [%]
November 2003	843	59	0	347	0	3,2	19,5	2,6	2,6	100
December 2003	2286	167	3	958	3	0,0	19,8	2,6	2,6	100
Januari 2004	2943	125	8	1222	9	-5,4	19,0	2,5	2,5	100
Februari 2004	2333	112	3	957	3	-3,8	19,3	2,6	2,6	100
Mars 2004	2298	141	2	955	2	-1,7	19,7	2,6	2,6	100
April 2004	1598	62	4	642	5	0,6	20,0	2,6	2,6	100
Maj 2004	811	90	1	368	1	8,8	21,0	2,4	2,5	100
Juni ^b 2004	641	19	4	276	4	13,8	20,9	2,4	2,4	99
Juli ^b 2004	496	16	3	226	3	14,7	20,8	2,3	2,3	99
Augusti ^b 2004	316	22	5	160	5	17,1	22,4	2,1	2,2	99
September 2004	733	74	4	329	4	11,9	20,6	2,5	2,5	100
Oktober 2004	1412	115	2	586	2	6,5	19,5	2,6	2,6	100
November 2004	805	44	0	322	0	3,7	19,2	2,6	2,6	100
Summa	17514	1045	39	7348	41					

a. Från och med 2003-11-16 till och med 2004-11-14.

b. Bortresta större delen av perioden 14/6 till 5/9.

Tabell D:1 Resultat – anläggning D.

Månad ^{a)}	Q ₁ [kWh]	Q _{vv} [kWh]	Q _{tva} [kWh]	W _T [kWh]	W _{tva} [kWh]	t _{ute} [°C]	t _{inne} [°C]	COP _{va} [-]	COP _{vpa} [-]	ETG [%]
November 2003	2557	44	10	845	11	4,3	22,3	3,1	3,1	100
December 2003	6505	112	262	2410	276	1,3	21,0 ^c	2,7	3,0	96
Januari 2004	7329	133	821	2996	865	-3,9	20,0	2,5	3,1	89
Februari 2004	5719	109	203	2074	213	-0,8	20,8	2,8	3,0	97
Mars 2004	5660	177	170	2041	179	1,2	21,3	2,9	3,0	97
April 2004	3137	156	3	1038	3	7,2	21,6	3,2	3,2	100
Maj 2004	1661	131	2	577	2	11,7	21,6	3,1	3,1	100
Juni 2004	1229	129	0	462	0	12,9	21,6	2,9	2,9	100
Juli ^{c)} 2004	824	81	0	335	0	14,1	21,3	2,7	2,7	100
Augusti 2004	344	98	0	316	0	15,9	22,4	1,4	1,4	100
September 2004	1824	99	0	500	0	11,7	21,8	3,8	3,8	100
Oktober ^{c)} 2004	3390	67	2	1034	2	7,1	20,8	3,3	3,3	100
November 2004	2106	46	3	671	3	4,4	20,5	3,2	3,2	100
Summa	42283	1379	1476	15299	1554					

a. F.o.m. 2003-11-16 t.o.m. 2004-11-14.

b. Bortrest 31/9 - 15/10 samt 10/7 - 24/7

c. Innegivare flyttad (10/12) pga. stora temperaturvariationer i fastigheten.

Tabell D:2 Köldbärartemperaturer, anläggning D.

Månad ^a	Ingående (t _{kbin}) [°C]	Utgående (t _{kbut}) [°C]
November 2003	-0,1	-4,1
December 2003	-0,7	-4,4
Januari 2004	-1,1	-4,8
Februari 2004	-1,1	-4,9
Mars 2004	-0,9	-4,7
April 2004	0,5	-3,8
Oktober 2004	1,8	-2,3
November 2004	0,1	-4,2

b. F.o.m. 2003-11-16 t.o.m. 2004-11-14.

Tabell E:1 Resultat– anläggning E.

Månad ^a	Q ₁ [kWh]	Q _{vv} [kWh]	Q _{tva} [kWh]	W _T [kWh]	W _{tva} [kWh]	t _{ute} [°C]	t _{inne} [°C]	COP _{va} [-]	COP _{vpa} [-]	ETG [%]
November 2003	2040	83	6	678	6	1,7	20,9	3,1	3,2	100
December 2003	4902	185	565	2105	595	-1,2	20,2	2,4	3,0	89
Januari 2004	6776	193	1672	3582	1760	-6,6	20,1	1,9	2,9	76
Februari 2004	5729	119	1062	2798	1118	-3,3	20,7	2,1	2,8	82
Mars 2004	4959	177	689	2254	726	-1,2	20,7	2,3	2,9	87
April 2004	2935	176	56	1058	59	4,8	21,2	2,9	3,1	98
Maj 2004	1667	165	0	588	0	9,3	21,7	3,1	3,1	100
Juni 2004	1082	149	0	406	0	11,2	21,7	3,0	3,0	100
Juli ^b 2004	670	82	0	263	0	12,4	21,1	2,9	2,9	100
Augusti ^b 2004	668	77	0	267	0	14,9	21,9	2,8	2,8	100
September 2004	1534	143	0	510	0	9,4	20,3	3,3	3,3	100
Oktober 2004	1937	107	3	622	3	4,6	20,6	3,3	3,3	100
November 2004	2345	111	65	836	68	2,1	20,6	2,9	3,1	97
Summa:	37242	1765	4118	15967	4335					

a. Fom. 16/11 2003 tom 16/11 2004.

b. Semesterperiod. Bortresta 12/7 – 25/7 samt 2/8 – 8/8.

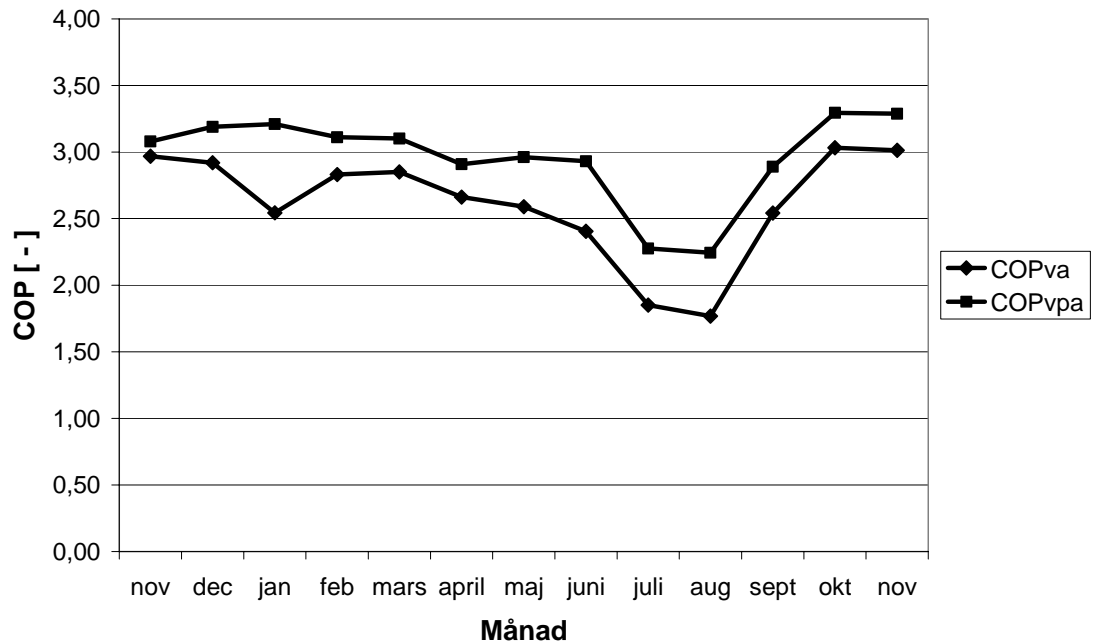
Tabell E:2 Köldbärartemperaturer, anläggning E.

Månad ^a	Ingående (t _{kbin}) [°C]	Utgående (t _{kbut}) [°C]
November 2003	-0,5	-4,1
December 2003	-0,8	-4,4
Januari 2004	-1,4	-4,8
Februari 2004	-1,5	-4,9
Mars 2004	-1,3	-4,7
April 2004	-0,2	-3,8
Oktober 2004	1,4	-2,3
November 2004	-0,2	-4,2

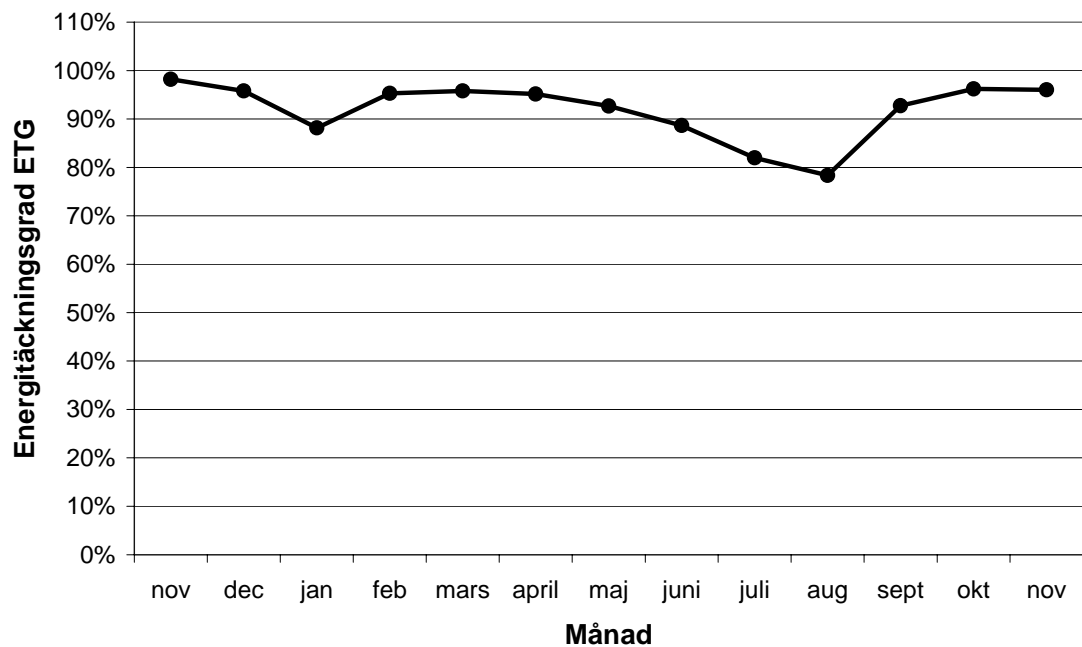
a. F.o.m. 2003-11-16 t.o.m. 2004-11-16.

Bilaga 2. Resultat i diagramform.

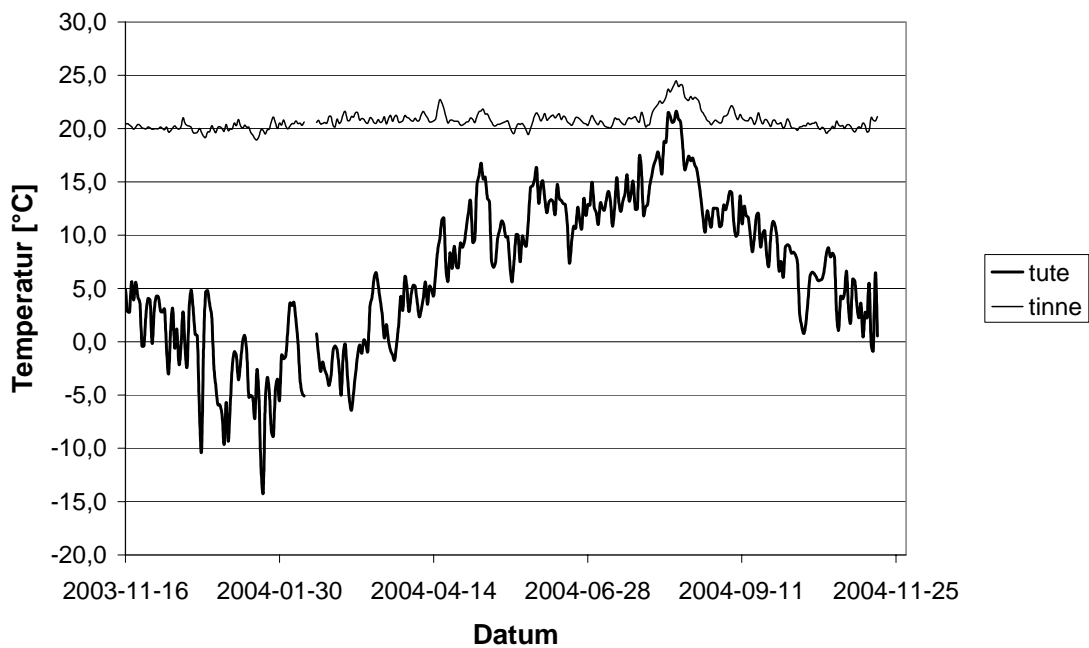
Anläggning A



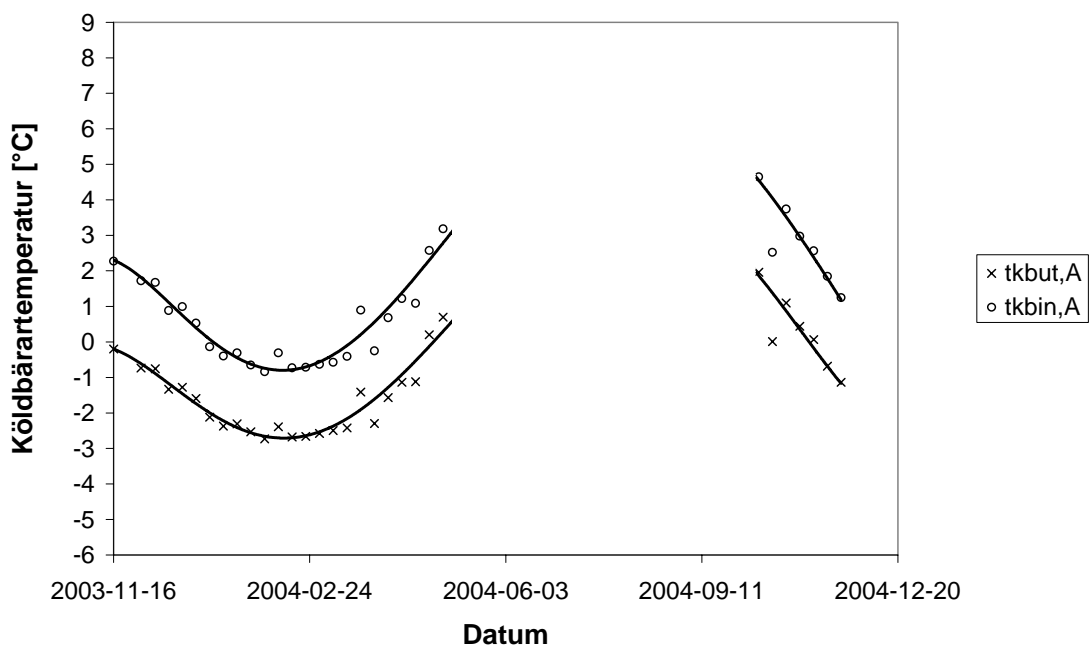
Figur A:1. COP_{va} respektive COP_{vpa} fördelade per månad under mätperioden.



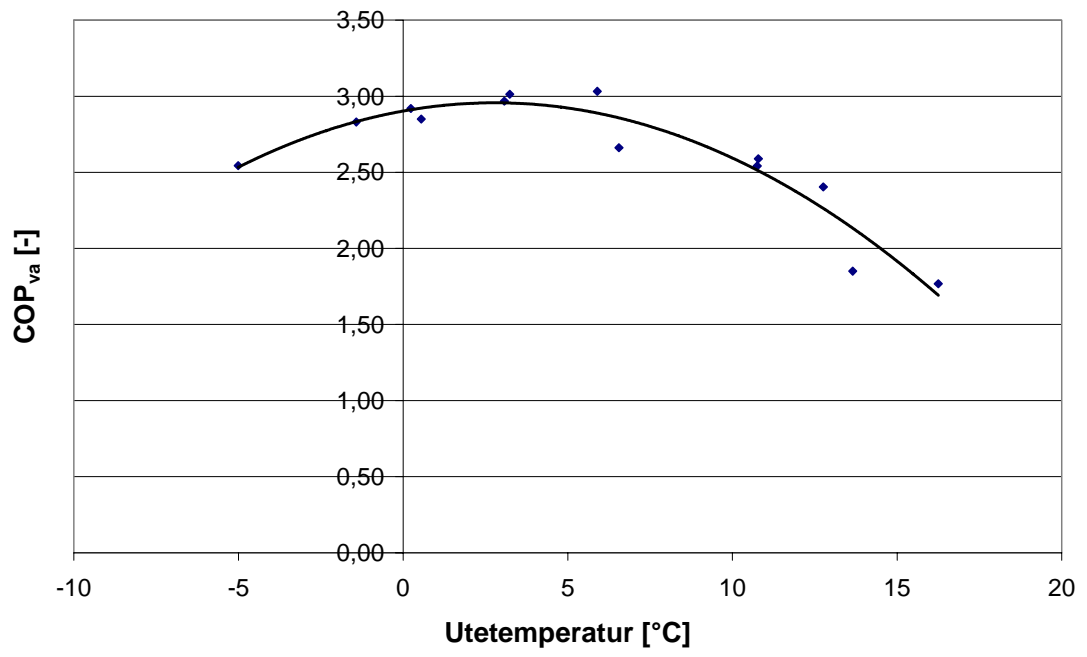
Figur A:2. Energitäckningsgrad under mätperioden.



Figur A:3. Uppmätta inne- och utetemperaturer (dygnsmedelvärden).

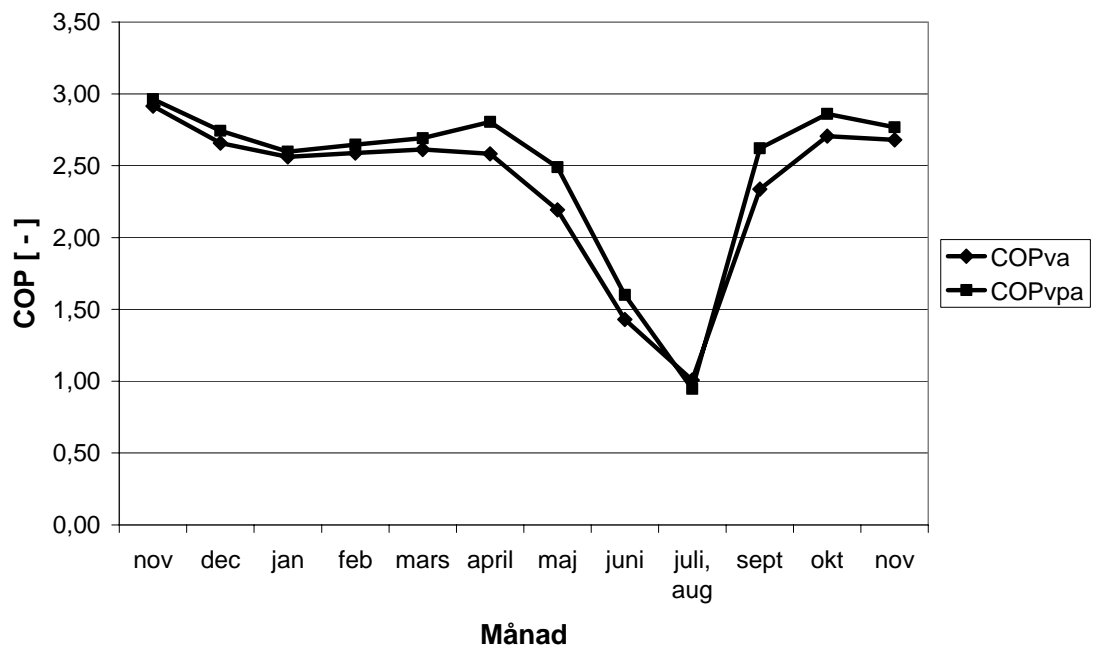


Figur A:4. Köldbärartemperaturer (veckomedelvärden, ljusa segment är osäkra och bör tolkas med viss försiktighet).

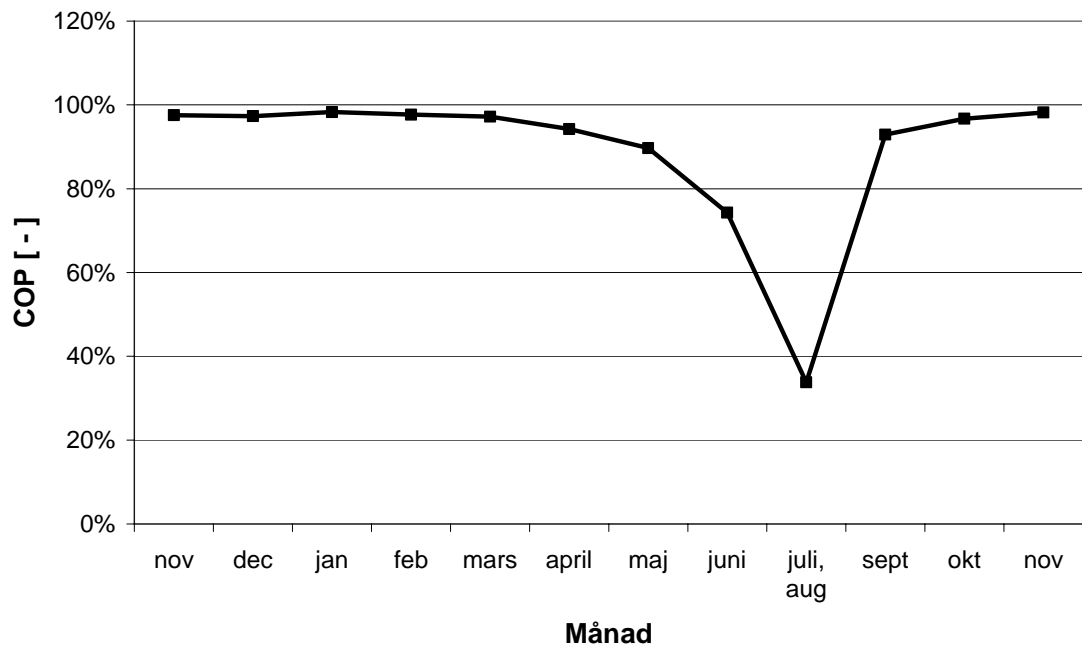


Figur A:5. Systemverkningsgrad som funktion av utetemperatur.

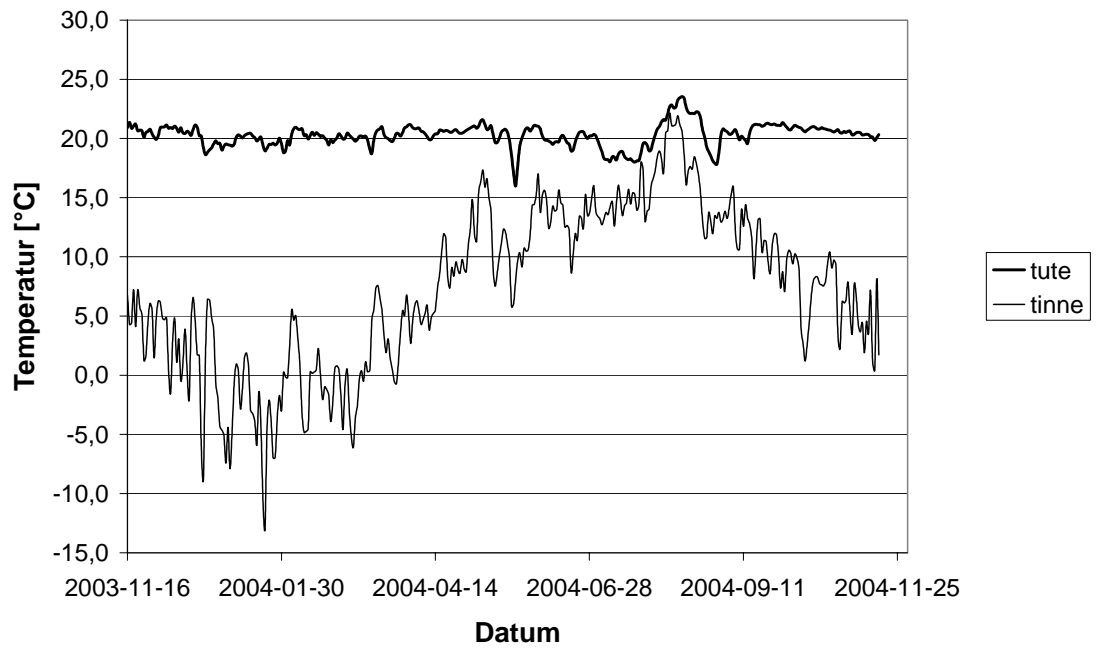
Anläggning B



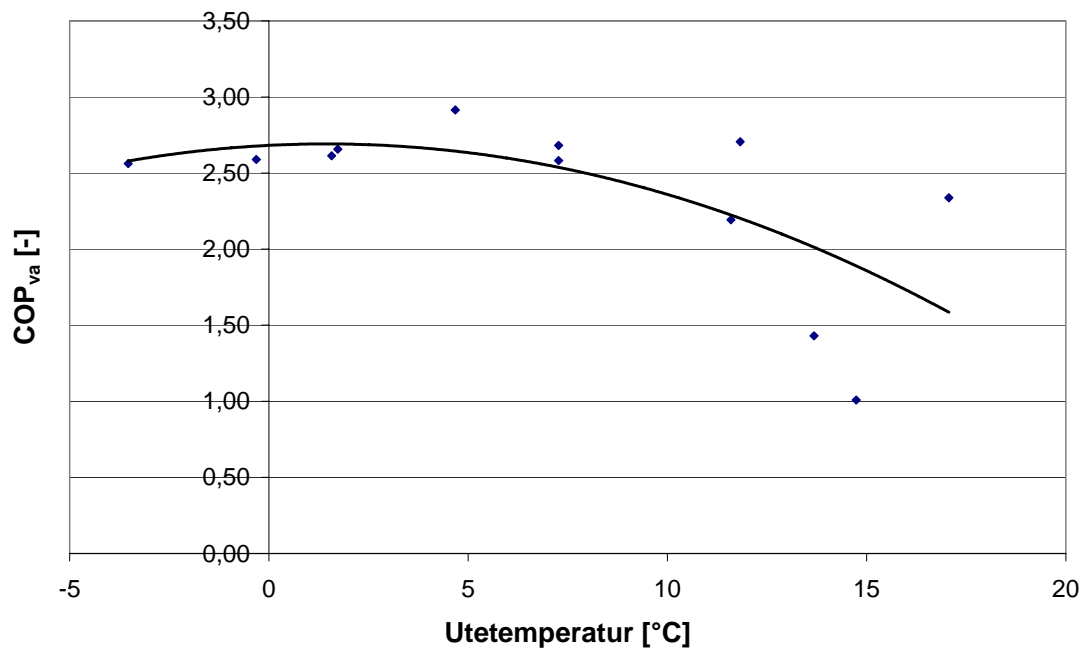
Figur B:1. COP_{va} respektive COP_{vpa} fördelade per månad under mätperioden.



Figur B:2. Energitäckningsgrad under mätperioden.

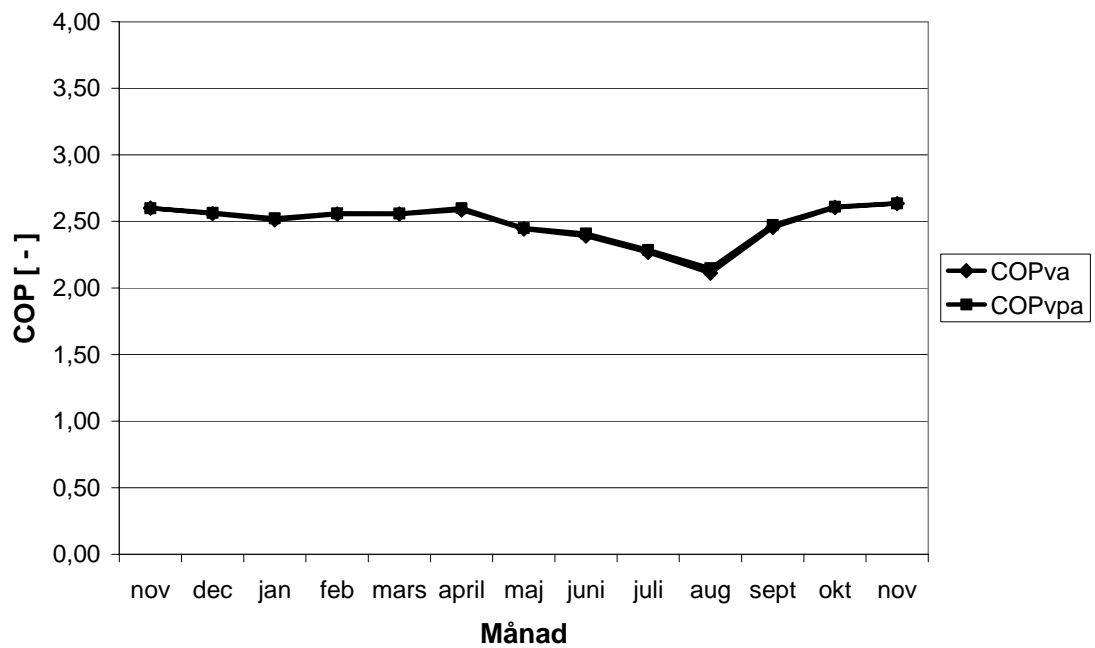


Figur B:3. Uppmätta inne- och utetemperaturer (dygnsmedelvärden).

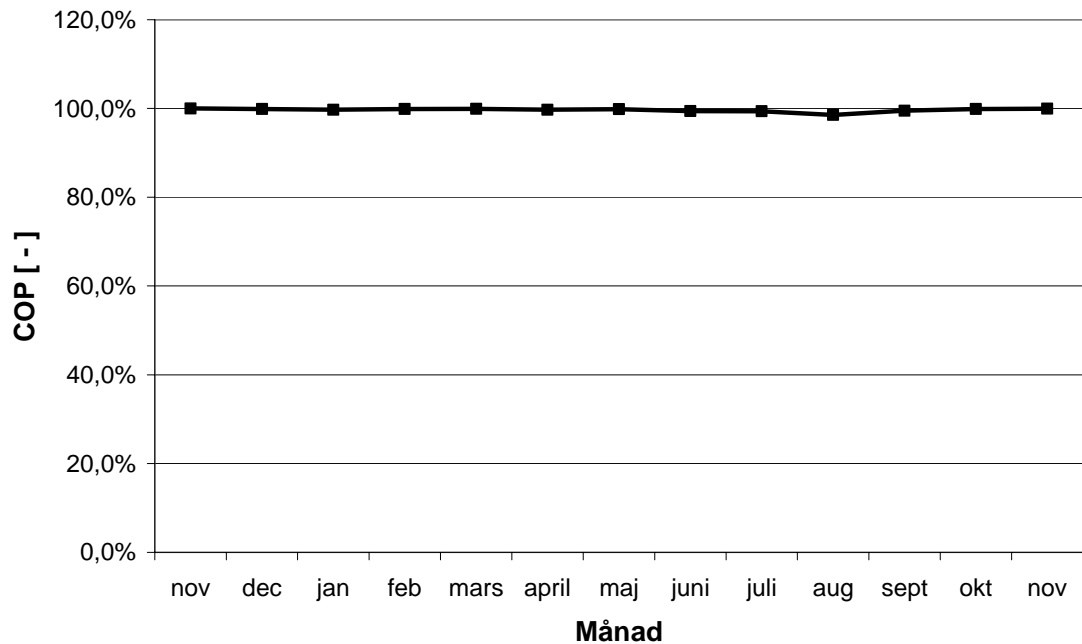


Figur B:4. Systemverkningsgrad som funktion av utetemperatur.

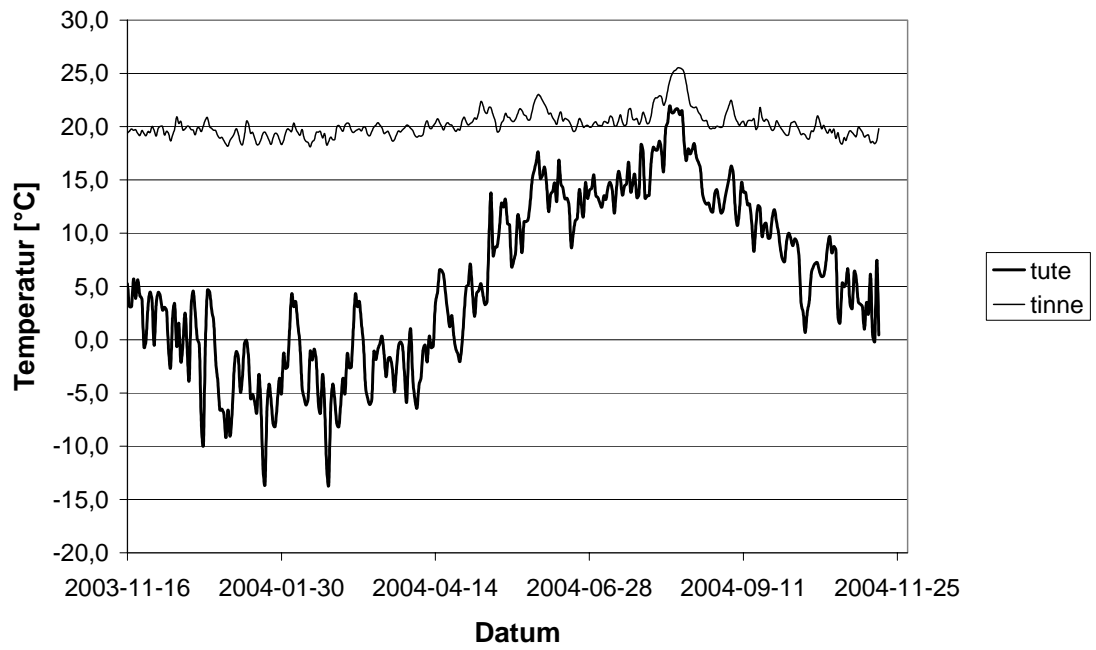
Anläggning C



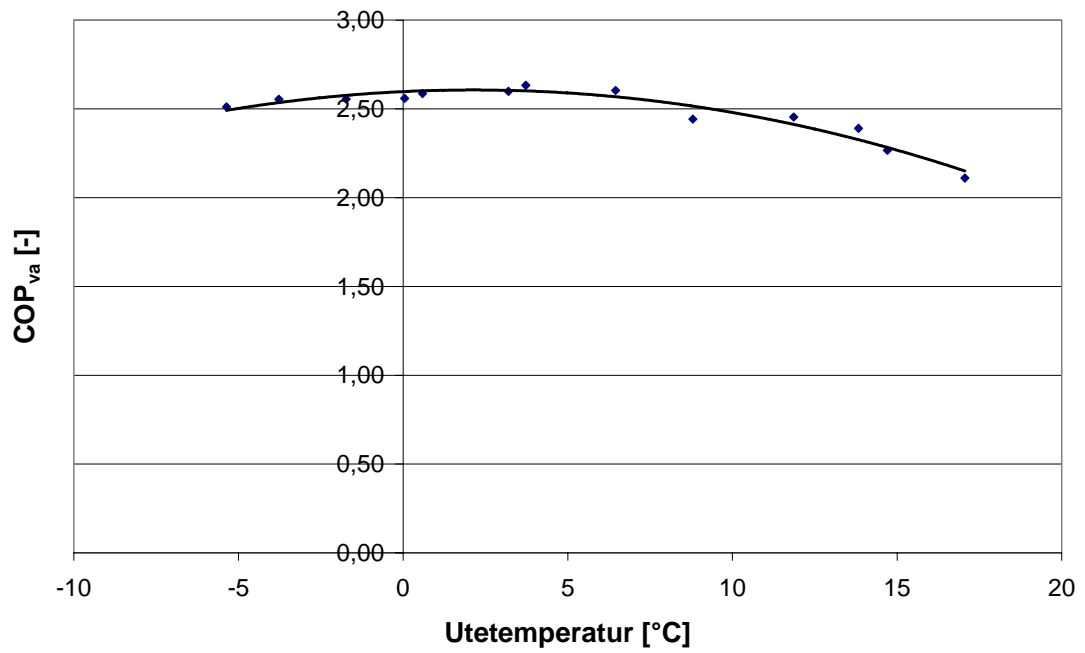
Figur C:1. COP_{va} respektive COP_{vpa} fördelade per månad under mätperioden



Figur C:2. Energitäckningsgrad under mätperioden.

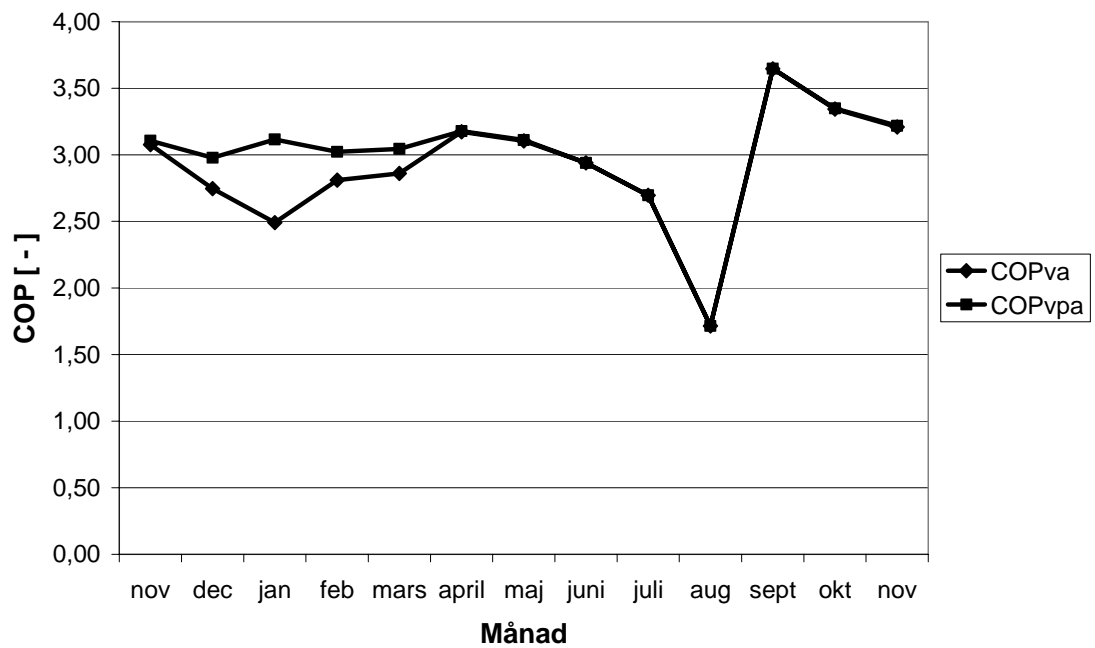


Figur C:3 Uppmätta inne- och utetemperaturer (dygnsmedelvärden).

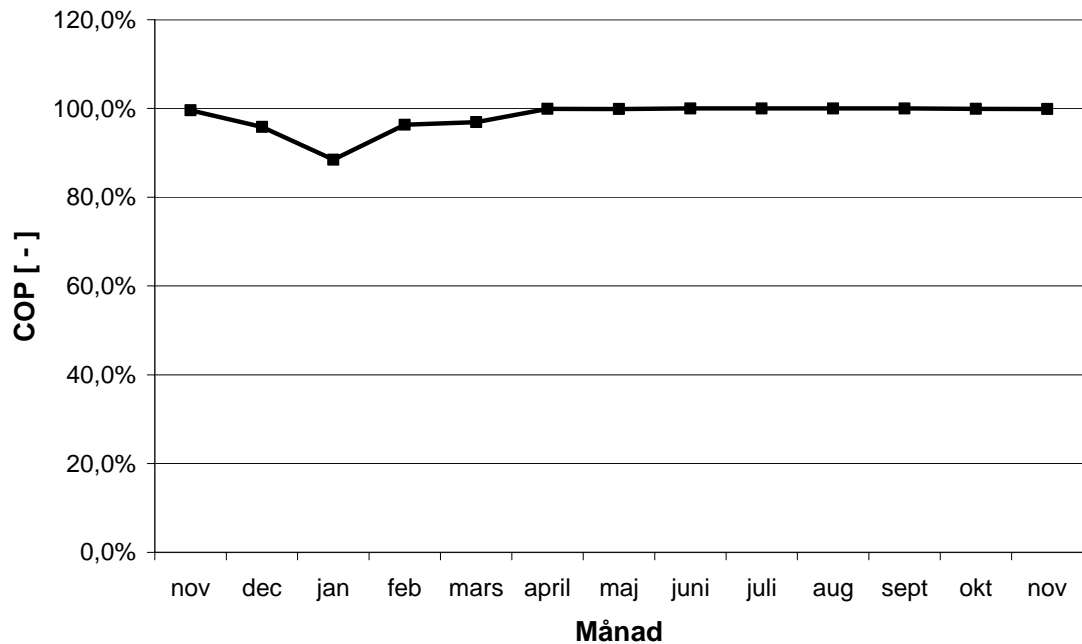


Figur C:4. Systemverkningsgrad som funktion av utetemperatur.

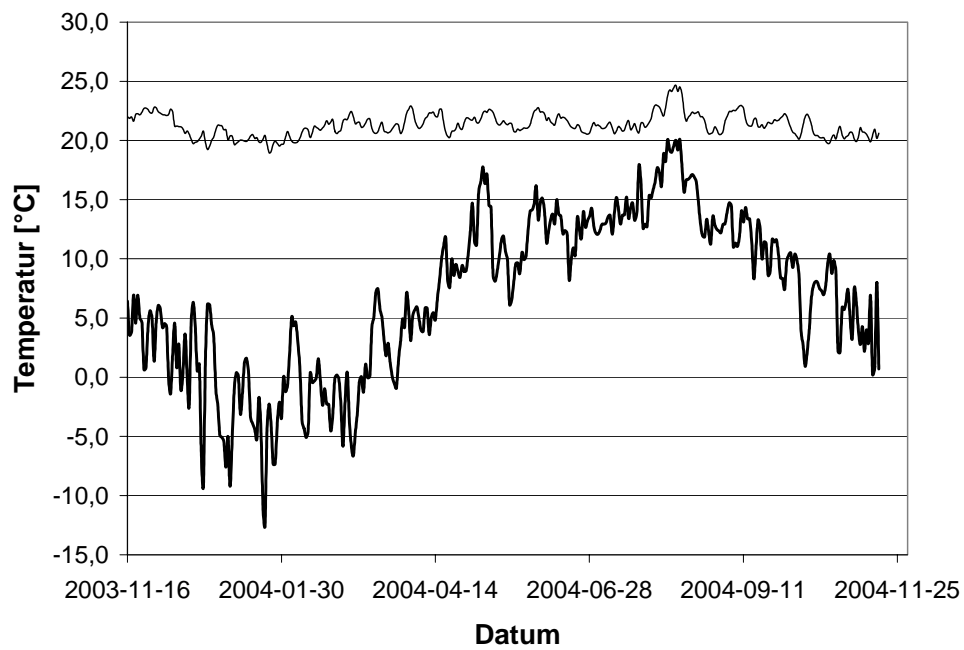
Anläggning D



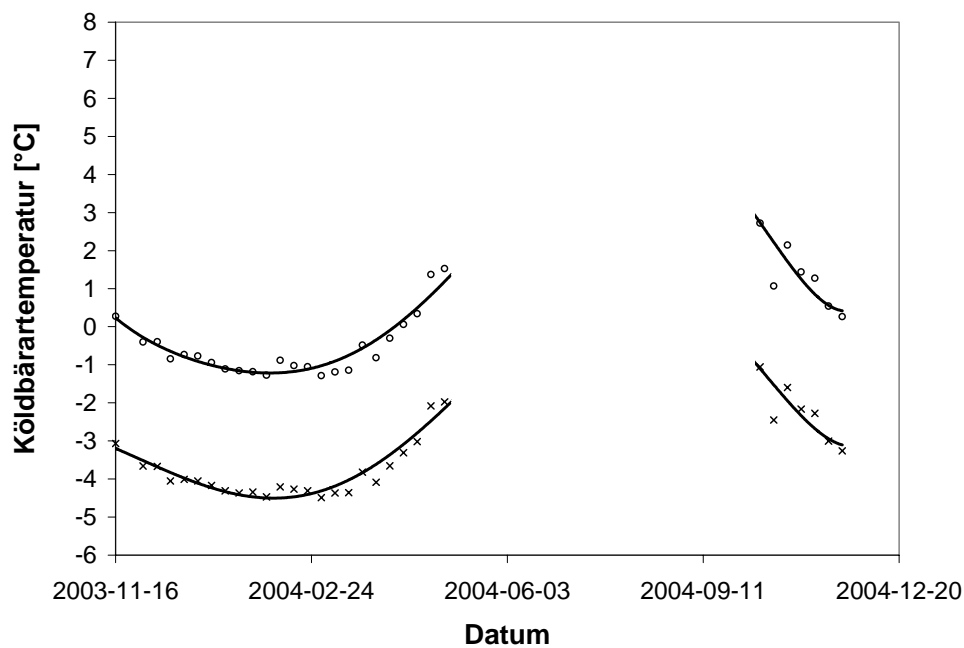
Figur D:1. COP_{va} respektive COP_{vpa} fördelade per månad under mätperioden



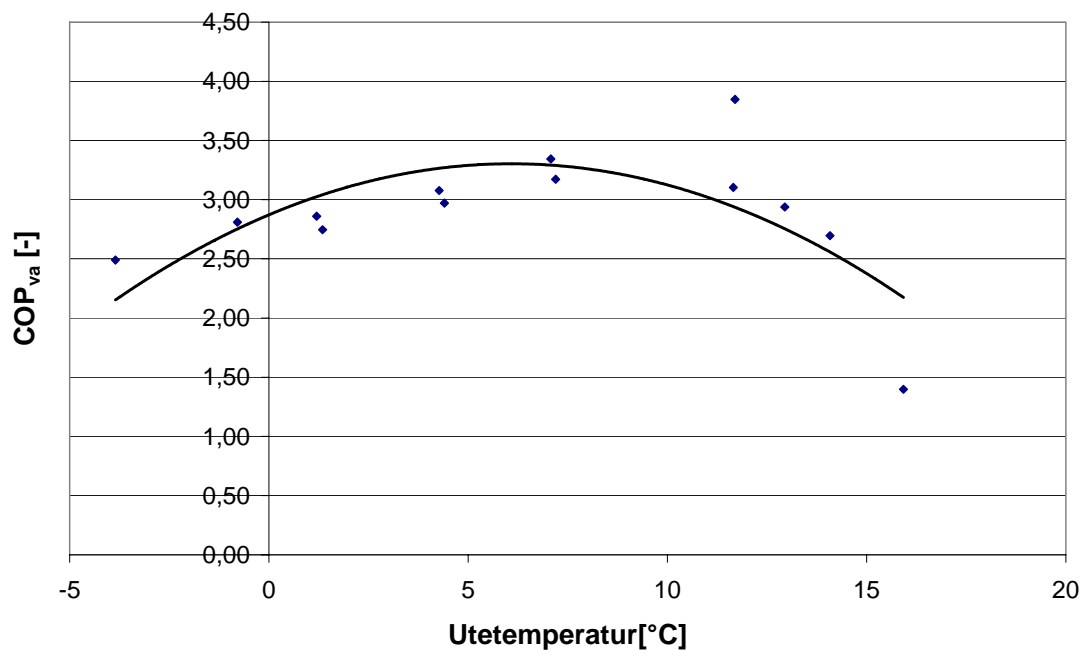
Figur D:2. Energitäckningsgrad under mätperioden.



Figur D:3. Uppmätta ute- och innetemperaturer (dygnsmedelvärden).

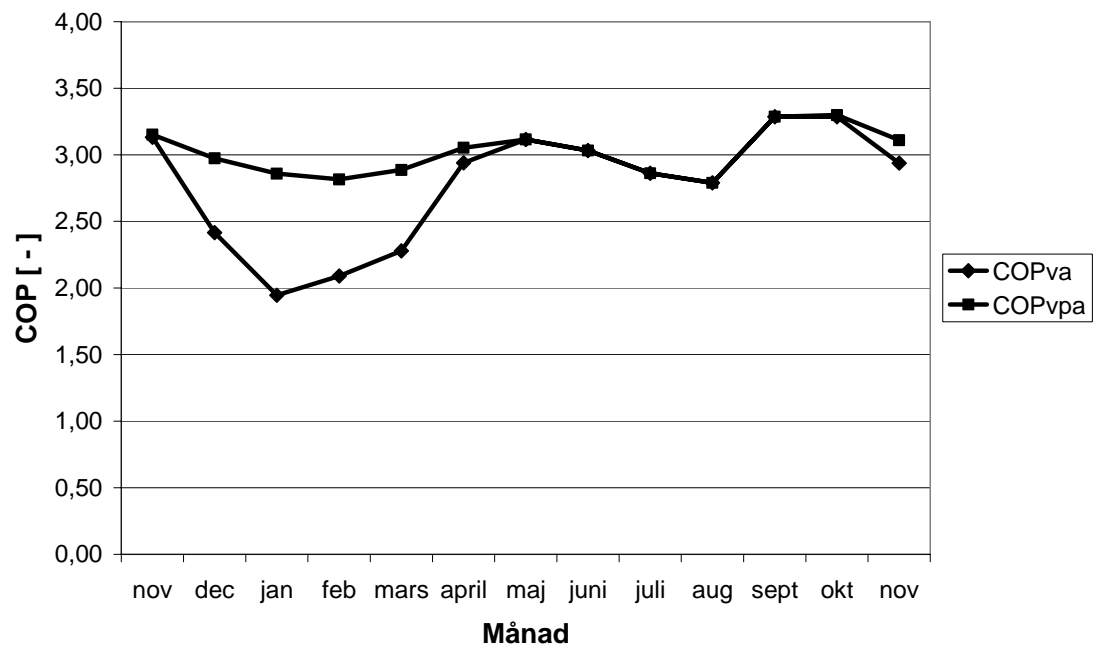


Figur D:4 Köldbärartemperaturer (veckomedelvärden, ljusa segment är osäkra och bör tolkas med viss försiktighet).

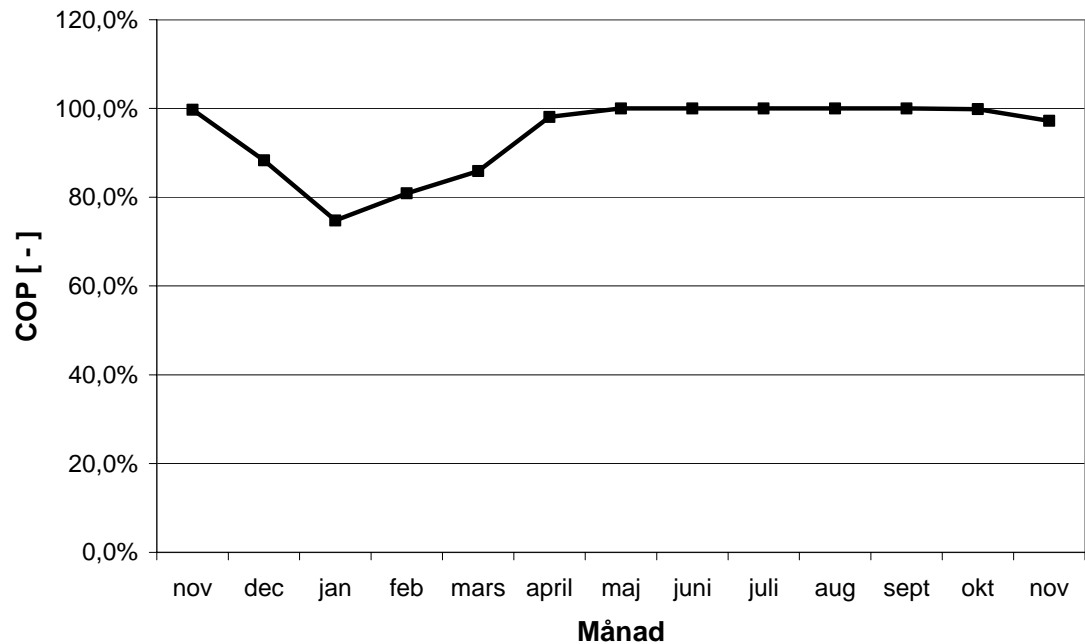


Figur D:5. Systemverkningsgrad som funksjon av utetemperatur.

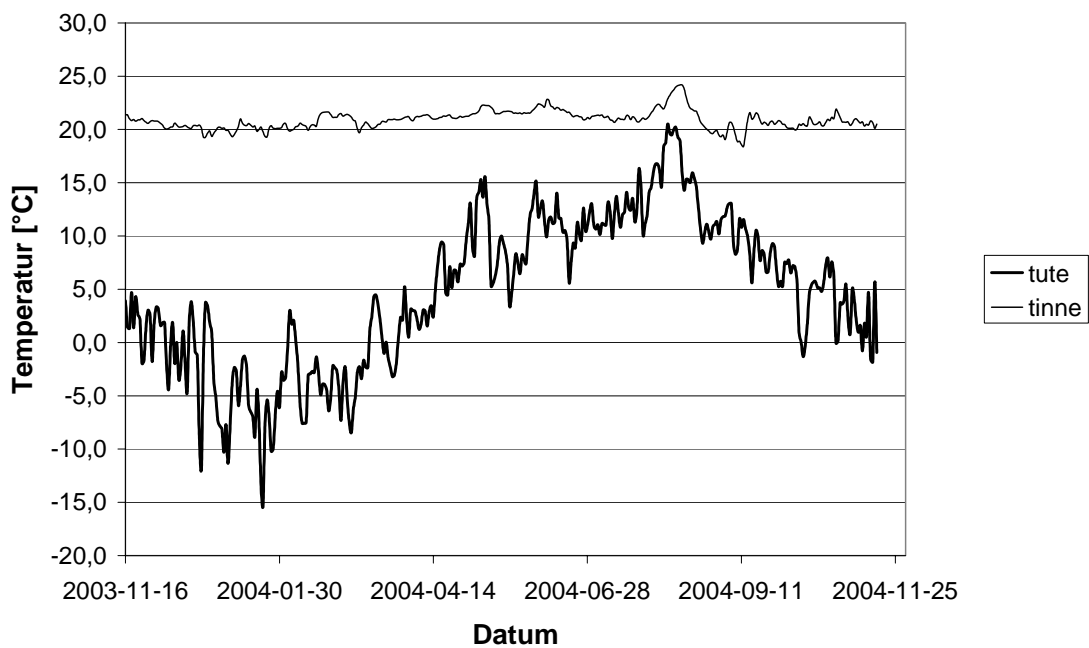
Anläggning E



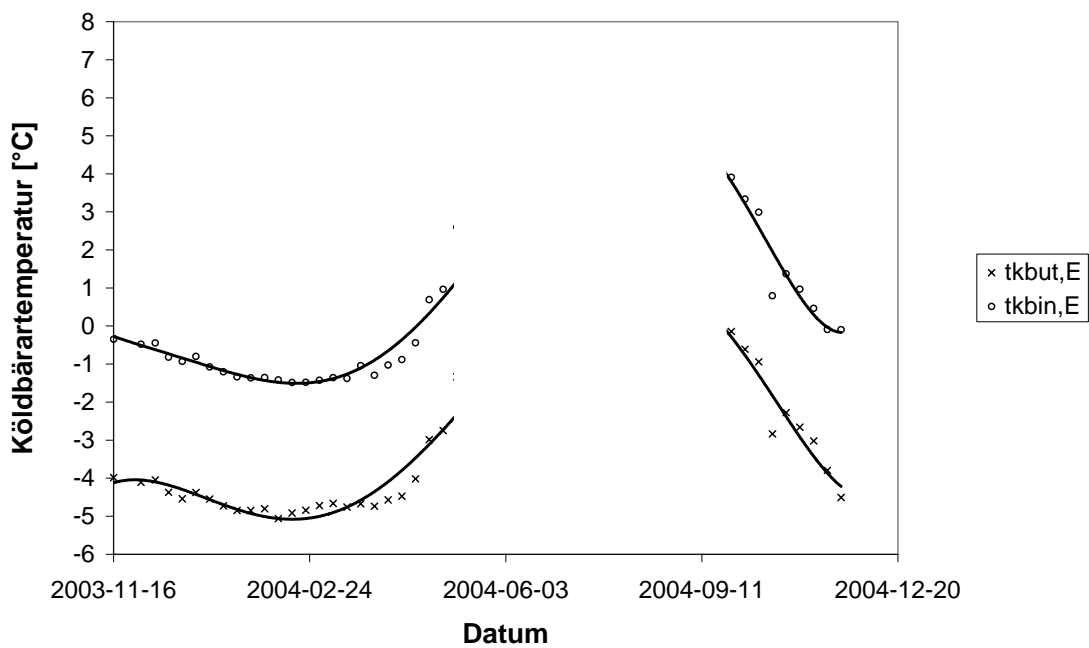
Figur E:1. COP_{va} respektive COP_{vpa} fördelade per månad under mätperioden.



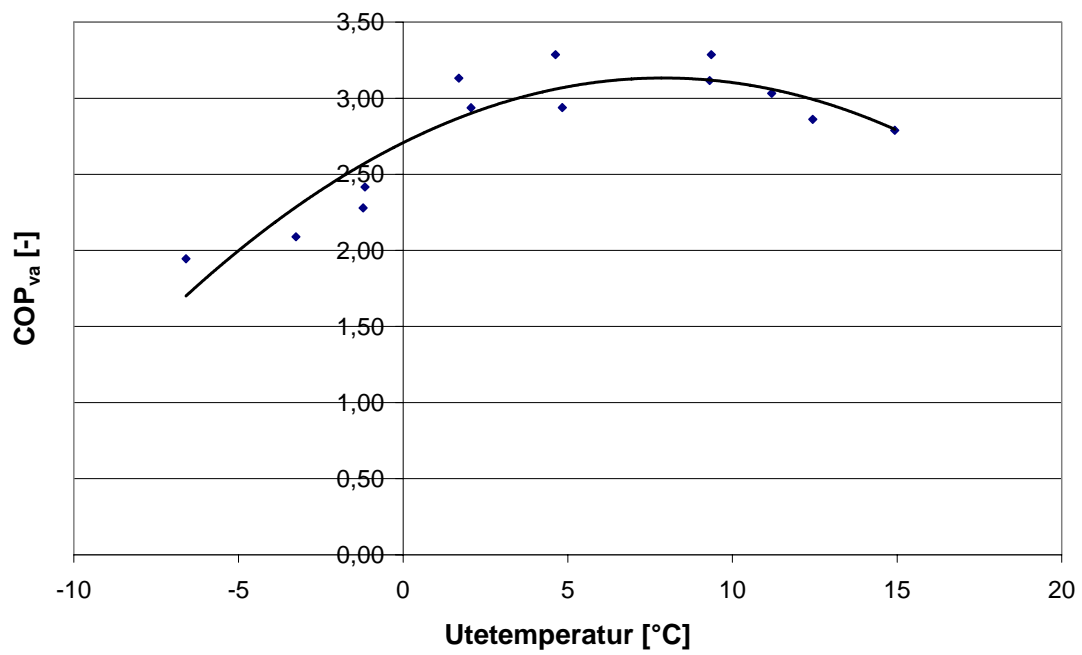
Figur E:2. Energitäckningsgrad under mätperioden.



Figur E:3. Uppmått ute- och innetemperaturer (dygnsmedelvärden).



Figur E:4 Köldbärartemperaturer (veckomedelvärden, ljusa segment är osäkra och bör tolkas med viss försiktighet).



Figur E:5. Systemverkningsgrad som funksjon av utetemperatur.

Bilaga 3. Anläggningsdata.

Anläggning A

Fastighet

Beskrivning: Fastigheten är belägen i Kinna ca 3 mil utanför Borås. Huset är ett 1 ½ planshus med ca 198 m² uppvärmd boyta samt ett garage på ca 33 m². Huset byggdes 1971.

Tidigare uppvärmning: Kombipanna, el/olja. Har året innan installation av värmepumpen gått som ren el-panna.

Energibehov: Ca 29,4 MWh/år

Hushållets storlek: Familjen består av två vuxna och två barn.

System

Installationsår: 2003

Total kostnad (inkl. moms): 123 000 SEK

Värmepump: Värmepumpen har en dubbelmantlad varmvattenberedare på 300 dm³ lokaliserad i en egen enhet. Den nominella uteffekten (avgiven värmeeffekt) är enl. tillverkaren 6,6 kW vid 0/50°C. Värmepumpen är utrustad med en el-patron på 6 kW som arbetar i två steg (3 eller 6 kW). Kompressorn är en scrollkompressor. Systemet är utrustat med en extra, externt belägen cirkulationspump på radiatorkretsens framledning.

Styrning, reglering och inställningar:	Regleringen av värme sker via en utetemperaturstyrd returledningskurva. Reglersystemet var injusterat så att en returtemperatur på ca 38 – 39°C uppnås vid en utetemperatur på 0°C under mätperioden. Vald värmekurva och dess justering ligger inom gränserna för det normala beaktande fastighetens värmesystem, bostadstyp och klimatzon. Samtliga cirkulationspumpar var inställda på maximalt varvtalsläge utom den interna värmebärarpumpen som var inställd i läge 2 av 3. El-tillsatsen spetsvärmde varmvattnet var tredje dygn.
Värmesystem:	Två-rörs radiatorsystem.
Installation/erfarenheter:	Anläggningsägaren är överlag nöjd. Uttrycker dock missnöje med kommunens hantering av ärendet eftersom beskedet ej kom inom utlovad tid. Värmepumpen är installerad i ett gammalt pannrum på bottenvåningen. Inga ledningar bortsett från köldbärarkretsen och fastighetens ursprungliga ledningar är isolerade. VVS-installationen är förberedd för att anläggningen ska kunna gå i kyl drift (återladdning av energibrunn). Inkoppling för detta har dock inte utförts.
Energibrunn:	Energibrunnen har ett aktivt djup på 130 m.
Övrigt:	Växelventilens motor böts den 19/4-04. Fastigheten är utrustad med en jacuzzi som används relativt ofta enligt anläggningsägaren. En fläktkonvektor var installerad på bottenplan, i närheten av värmepumpen.

Uppgifter från energi- och besparingskalkyl i offert

Årlig energibesparing:	19 060 kWh
Årlig energiförbrukning:	10 340 kWh (varav 1940 kWh till drift av el-tillsats)
Energitäckningsgrad:	94 %
Systemårsvärmefaktor:	2,8 ^a
Årsvärmefaktor:	3,3 ^a
Dimensioneringsdata, energibrunn:	Aktivt djup: 130 m vid $t_{kbmedel} = -2^{\circ}\text{C}$

^a Beräknat utgående från årligt energibehov samt energiförbrukning.

Anläggning B

Fastighet

Beskrivning: Fastigheten är belägen i Borås (Hedviksborg). Hustypen är ett 1 ½ planshus med suterängvåning på ca 390 m² uppvärmd boyta samt ett garage på ca 20 m². Huset byggdes 1972 och har sedan dess tilläggsisolerats. Treglasfönster sattes in 2002 i hela fastigheten och en tillbyggnad med golvvärme och energiglas uppfördes 1998.

Tidigare uppvärmning: Oljepanna.

Energibehov: Ca 36,5 MWh/år (4,5 m³ olja/år med verkningsgrad 80 %)

Hushållets storlek: Familjen består av 3 vuxna och 1 barn.

System

Installationsår: 1999 (värmepumpen utbytt 2002 se nedan)

Total kostnad (inkl. moms): 135 000 SEK

Värmepump:	<p>Värmepumpen är kopplad mot den gamla oljepannan (modell: CTC 265B, 23,3 kW, 0,225 m³) som förutom att utgöra tillskottseffekt för anläggningen även fungerar som ackumulatortank. Värmepumpens nominella uteffekt uppges till 10,1 kW vid 0/45°. Varmvattnet bereds till 60 - 65°C med hjälp av en gammal el-beredare (modell: Jäspi VLM 160, 6 kW) efter att ingående kallvatten förvärmats i oljepannans batteri. Värmepumpen stängs normalt av sommartid då allt varmvattenbehov under denna tid produceras av el-beredaren. Oljepannan har varit avslagen under hela mätperioden.</p> <p>Systemet är utrustat med två extra cirkulationspumpar varav den ena var belägen på radiatorketsens returledning och den andra på framledningen till golvvärmslingan i tillbyggnaden. Energianvändningen till dessa pumpar har ej mätts.</p>
Styrning, reglering och inställningar:	<p>Regleringen av värme sker via en utetemperaturstyrd framledningskurva och radiatortermostater i samtliga rum. Insteget av tillsatsvärme är temperaturberoende. Samtliga cirkulationspumpar var inställda på maximalt varvtalsläge.</p>
Värmesystem:	<p>Fastigheten värms via ett tvårörs radiatorsystem och delvis med golvvärme i utbyggnaden (ej vintertid).</p>

Installation, erfarenheter: Värmepumpen är installerad i ett gammalt pannrum på bottenvåningen. Samtliga ledningar var ordentligt isolerade. Köldbärarkretsen bestod innanför väggenomföringen av polyetenslang vilket strider mot Boverkets regler. Den elektriska inkopplingen av varmvattenberedaren var inte godkänd för fast installation.

Ägaren är mycket nöjd med sin anläggning. Tillsatsen skulle enligt offerten slå på vid en utetemperatur av ca -10°C men det inträffade inte förrän temperaturen sjönk under -20°C . Dessutom gjordes brunnen 20 m djupare än offererat pga. dålig vattentillgång utan kostnad. Ägaren fick byta ut hela sin värmepump 2002 pga. bubblor i synglasets som inte försvann. Detta gick på försäkringen trots att tiden för dess giltighet gått ut. Trots att ägaren har sitt kontor vägg i vägg med värmepumpen störs han inte av oljud även om han hör när den går igång. Inga bullerdämpande åtgärder har vidtagits.

Motorskyddet löste ut den 23 november 2004 vilket upptäcktes nästa dag. I övrigt har inget inträffat under mätperioden.

Energibrunn: Energibrunnen har ett aktivt djup på 168 m och ett totaldjup på 181 m.

Övrigt: Värmepumpen har varit avslagen under perioderna 18 – 23 maj samt mestadels även under juni – augusti. Fastigheten är utrustad med en luftavfuktare i ett badrum på bottenvåningen.

Uppgifter från energi- och besparingskalkyl i offert

Minsta inkommande köldbärartemperatur -2°C

Lägsta utetemperatur för inkoppling av tillskott: -10°C

Anläggning C

Fastighet

Beskrivning:	Fastigheten är belägen i Borås (Dalsjöfors) och byggd år 1969-70. Hustypen är ett enplanshus med inredd källare på ca 184 m ² uppvärmd boyta.
Tidigare uppvärmning:	Oljepanna.
Energibehov:	Ca 20,3 MWh/år (2,5 m ³ olja/år med verkningsgrad 80 %)
Hushållets storlek:	Familjen består av 2 vuxna (pensionärer).

System

Installationsår:	1998
Total kostnad (inkl. moms):	Ca 90 000 SEK
Värmepump:	Värmepumpen är av compactmodell och har en nominell uteffekt på 6,6 kW vid 0/45°C samt ett enstegs el-tillskott på 6 kW. Nominellt el-effektbehov är 2,3 kW (exklusive tillskottseffekten). Varmvattenberedaren är dubbelmantlad med en volym på 150 dm ³ .
Styrning, reglering och inställningar:	Regleringen av värme sker via en utetemperaturstyrd framledningskurva och radiatortermostater på ovanvåningen (i vissa rum). Sommartid regleras värmen via en rumstermostat i källaren. Reglersystemet var inställt så att en framledningstemperatur på ca 34 - 35°C erhålls vid en utetemperatur på 0°C (kurva 34). Inställd effektkurva var något lägre än normalt beaktande typen av värmesystem. Normal inställning är enligt tillverkare ungefär kurva 40. Rumsbörvärdet var ställt till 20°C. Samtliga cirkulationspumpar var inställda på maximalt varvtalsläge.

Värmesystem:	Fastigheten värms via ett tvårörs radiatorsystem. I källaren fanns även en braskamin som används väldigt sällan (en gång under mätperioden).
Installation/erfarenheter:	Värmepumpen är installerad i ett gammalt pannrum på bottenvåningen. Inga ledningar bortsett från köldbärarkretsen och fastighetens ursprungliga ledningar är isolerade. Anläggningsägaren har fått byta en trasig växelventil i värmepumpen. Upplever att varmvattentemperaturen är för låg. Är överlag nöjd men klagade på en månads väntetid för borrningen. Värmepumpen har fungerat bra under hela mätperioden. Inga driftstopp eller haverier har rapporterats.
Energibrunn:	Energibrunnens aktiva djup är 92 m och dess totala djup är 100 m. På grund av kollaps av brunnens botten kunde dock kollektorsystemet endast nedsänkas till 94 m.

Uppgifter från energi- och besparingskalkyl i offert

Årlig energibesparing:	11 950 kWh
Energibehov (värme):	23 750 kWh/år
Årlig energiförbrukning (el):	6 790 kWh (varav 10 kWh till drift av el-tillsats)
Energitäckningsgrad:	99,9 %
Systemårsvärmefaktor:	2,8
Årsvärmefaktor:	2,8
Dimensioneringsdata, energibrunn:	Aktivt djup: 83 m vid $t_{kbut} = -1^{\circ}\text{C}$ och $t_{kbin} = 2^{\circ}\text{C}$

Anläggning D

Fastighet

Beskrivning: Fastigheten är belägen i Borås (Sandared) och uppförd under femtiotalet. Hustypen är ett tvåplanshus (två lägenheter) med inredd källare. Fastigheten har ca 375 m² uppvärmd boyta.

Tidigare uppvärmning: Oljepanna.

Energibehov: Ca 40,6 MWh/år (5 m³ olja/år med verkningsgrad 80 %)

Hushållets storlek: Familjen består av 2 vuxna och 2 barn.

System

Installationsår: 2003

Total kostnad (inkl. moms): Ca 145 000 SEK

Värmepump: Värmepumpen har en nominell uteffekt på 10,9 kW vid 0/50°C samt ett trestegs el-tillskott på maximalt 9 kW (3, 6 eller 9 kW). Nominellt el-effektbehov är 3,2 kW (exklusive tillskottseffekten) och kompressorn är en scrollkompressor. Varmvattenberedaren är dubbelmantlad samt lokaliserad i en separat enhet med en volym på 300 dm³

Styrning, reglering och inställningar:	<p>Regleringen av värme sker via en utetemperaturstyrd returledningsskurva och radiatortermostater på mellanvåningen (i vissa rum). Byte av kärvande termostatventiler har utförts under mätperioden. Vidare har dessa flyttats mellan olika plan pga. svårigheter att uppnå tillfredsställande termisk komfort i delar av fastigheten. Reglersystemet var inställt så att en returledningstemperatur på ca 35-40°C erhålls vid en utetemperatur på 0°C. Värmekurvan och dess finjustering har ändrats ett antal gånger under mätperioden men har hela tiden legat inom gränserna för det normala. Båda cirkulationspumparna var inställda på maximalt varvtalsläge.</p>
Värmesystem:	<p>Fastigheten värms via ett tvårörs radiatorsystem. I källaren fanns även en fläktkonvektor.</p>
Installation/erfarenheter:	<p>Värmepumpen är installerad i ett gammalt pannrum i källaren. Inga ledningar bortsett från köldbärarkretsen och fastighetens ursprungliga ledningar är isolerade. Ett mindre läckage upptäcktes på värmebärarsidan någon vecka efter installationen som dock lätt kunde åtgärdas av anläggningsägaren själv.</p> <p>Vid inkoppling av värmepumpen kom ej varmvattengivaren med vilket upptäcktes då inget varmvatten producerades.</p> <p>Värmepumpen har fungerat förhållandevis bra under hela mätperioden även om vissa el-problem har rapporterats; ett flertal proppbyten som föranlett uppsäkring av fastigheten (från 16 till 20 A). Vid markarbete skadades en el-kabel som resulterade i att reglercentralen förstördes och böts. Under delar av vecka 16 böts vattenmätaren varmed ingen tappvattenförbrukningen registreras (färskvatten levererades via slang). Anläggningsägaren har överlag goda erfarenheter men har haft svårigheter att uppnå jämn och behaglig inomhustemperatur i fastigheten utan radiatortermostater.</p>

Energibrunn: Energibrunnens aktiva djup är 170 m och dess totala djup ca 200 m.

Övrigt: Fastigheten är utrustad med två braskaminer som dock används sällan samt en luftavfuktare i källaren.

Uppgifter från energi- och besparingskalkyl i offert

Årlig energibesparing: 23 070 kWh

Årlig energiförbrukning (el): 14 230 kWh (varav 1430 kWh till el-tillsats)

Energitäckningsgrad: 96 %

Systemårsvärmefaktor: 2,6^a

Årsvärmefaktor: 2,8^a

Dimensioneringsdata, energibrunn: Aktivt djup: 170 m. Medelvärde köldbärartemperatur = -2.

^a Beräknat utgående från årligt energibehov samt energiförbrukning.

Anläggning E

Fastighet

Beskrivning: Fastigheten är belägen i Borås (Dammsvedjan). Hustypen är ett 1 ½ planshus (två lägenheter) med inredd källare. Boytan är ca 370 m². Huset byggdes 1955. Vissa fönster har bytts ut mot treglas. I övrigt inga kända renoveringar.

Tidigare uppvärmning: Oljepanna.

Energibehov: Ca 32,5 MWh/år (4,5 m³ olja/år med verkningsgrad 80 %)

Hushållets storlek: Tre vuxna och ett barn.

System

Installationsår: 2002

Total kostnad (inkl. moms): Ca 115 000 SEK

Värmepump: Värmepumpen har en nominell uteffekt på 7,1 kW vid 0/50°C samt ett trestegs el-tillskott på maximalt 9 kW (3, 6 eller 9 kW). Nominellt el-effektbehov är 2,2 kW (exklusive tillskottseffekten). Varmvattenberedaren är dubbelmantlad med en volym på 160 dm³.

Styrning, reglering och inställningar: Regleringen av värme sker via en utetemperaturstyrd framledningsskurva. Reglersystemet var inställt så att en framledningstemperatur på ca 39°C erhålls vid en utetemperatur på 0°C. Reglersystemets injustering låg inom gränsen för det normala beaktande värmesystem, klimatzon mm. Samtliga cirkulationspumpar var inställda på maximalt varvtalsläge. Styrgivaren var felplacerad (på västfasad).

Värmesystem:	Fastigheten värms via ett tvårörs radiatorsystem.
Installation/Erfarenheter:	<p>Värmepumpen är installerad i ett gammalt pannrum i källaren. Inga ledningar bortsett från fastighetens ursprungliga ledningar är tillfredsställande isolerade (se nedan).</p> <p>Ägaren är missnöjd med installatören eftersom denna inte började borra förrän 120 dagar efter överenskommet datum och då dök upp först efter en hel del påtryckningar. En svetsfog i köldbärarsystemet havererade efter någon månads drift varefter köldbärarvätska rann ut på golvet. Ägaren blev dock bra bemötta vid reparationen. Anläggningen ger inte heller den kapacitet som utlovades eftersom el-patronen inte skulle kopplas in förrän utetemperatur sjönk under -6°C vilket i praktiken bara blev -2°C. Ägaren har dessutom störts av stomljud från värmepumpen vilket beskrivs som ”en rullande kula genom vardagsrummet”. Inga flexibla slangar har installerats mellan värmepumpen och radiatorsystemet.</p> <p>Vid installation av mätutrustning upptäcktes relativt omfattande läckage från köldbärarkretsen. Läckage hade länge misstänkts då nivån i expansionskärlet ständigt sjönk. Anläggningsägaren har legat på installatören angående detta men inte fått någon respons. Läckaget åtgärdades av installatören i samband med att mätutrustning installerades av personal från SP. Dock utfördes ingen isolering av de reparerade sektionerna.</p> <p>El-installationen upplevdes som ”slarvig” och arbetsbrytare saknades. Värmepumpen har dock fungerat relativt bra under mätperioden med undantag av lite strömavbrott som åtgärdats via uppsäkring. Inga övriga driftstopp eller haverier har rapporterats.</p>
Energibrunn:	Energibrunnens aktiva djup är ca 139 m och dess totala djup ca 141 m.

Uppgifter från energi- och besparingskalkyl i offert

Årlig energibesparing:	22 481 kWh
Årlig energiförbrukning (el):	9 570 kWh (varav 490 kWh till el-tillsats)
Energitäckningsgrad:	99 %
Systemårsvärmefaktor:	3,3 ^a
Årsvärmefaktor:	3,5 ^a
Dimensioneringsdata, energibrunn:	Aktivt djup: 130 m. $t_{kbin} = 1^{\circ}\text{C}$, $t_{kbut} = -2^{\circ}\text{C}$

^a Beräknat utgående från årligt energibehov samt energiförbrukning.

Bilaga 4. Beteckningar.

SPF, COP **Värmefaktor [-]**

SPF_{vp}	Årsvärmefaktor
SPF_{va}	Systemårsvärmefaktor
COP_{vp}	Värmefaktor
COP_{va}	Systemvärmefaktor

Q **Värmeenergi [kWh]**

Q_1	Värmemängd, uppvärmning
Q_t	Värmemängd, tappvatten
Q_{tva}	Värmemängd, spetsvärme

W **Elenergi [kWh]**

W_T	Anläggningens totala elförbrukning
W_{tva}	Tillskottsvärmeanläggningens el-förbrukning

t **Temperatur [°C]**

t_{inne}	Inomhustemperatur
t_{ute}	Utomhustemperatur
t_{kbin}	Yttemperatur på köldbärarkretsen vid inloppet till värmepumpen.
t_{kbut}	Yttemperatur på köldbärarkretsen vid utloppet från värmepumpen.

Index

A	Anläggning A
B	Anläggning B
C	Anläggning C
D	Anläggning C
E	Anläggning C