

2010-08-03

Värmepumpar och solfångare

Systemanalys

Elisabeth Kjellsson, Byggnadsfysik, LTH
Björn Karlsson, Energi och Byggnadsdesign, LTH
Gunnar Bröms, Vattenfall

EFFSYS 2

Effektivare kyl- och värmepumpssystem



LUND
UNIVERSITY

Innehåll

1.	Inledning.....	3
1.1	Bakgrund.....	3
1.2	Solfångare.....	3
1.3	Värmepumpar.....	5
1.4	Värmebehov – småhus.....	7
1.5	System och sammanfattning av möjligheter att använda solvärme.....	8
2	Metod och datorprogram.....	9
2.1	TRNSYS.....	10
2.2	Prestige.....	10
2.3	Winsun villa.....	10
2.4	VIP+.....	10
2.5	Polysun.....	11
3	Värmepumpssystem i kombination med solfångare.....	11
3.1	Solfångare och värmepump i separata system.....	11
	Rekommendationer.....	13
3.2	Luft/luft värmepump och solvärme.....	13
	Rekommendationer.....	17
3.3	Luft/vatten värmepump med varmvattenberedare.....	18
	Rekommendationer.....	20
3.4	Frånluftsvärmepump – FVP.....	21
	Rekommendationer.....	23
3.5	FTX-ventilation – ventilationssystem med från- och tilluftssystem och värmeåtervinning.....	23
	Rekommendationer.....	24
3.6	Bergvärmepump.....	25
	Rekommendationer.....	33
3.7	Ytjordvärmepump.....	33
3.8	Jämförelse mellan olika system.....	34
4	Andra byggnader.....	34
5	Andra mervärden.....	35
6	Slutsatser och diskussion.....	35
7	Referenser.....	37

1. Inledning

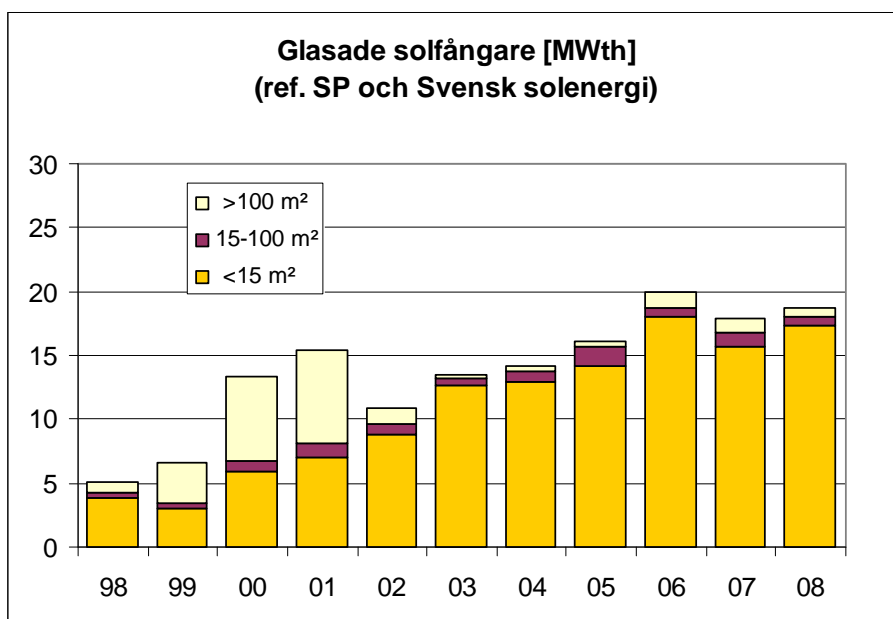
År 1999 beslutade Sveriges Riksstad om 16 st nationella miljö kvalitetsmål som ska uppfyllas till år 2020. Det första omfattar begränsning av klimatpåverkan och handlingsplanen för att uppnå detta är att minst 50% av Sveriges energianvändning år 2020 ska komma från förnybara energikällor och att energieffektivisering ska ske med 20%. Det kommer också att ställas hårdare krav från EU om byggnaders energianvändning och de svenska kraven kommer att skärpas betydligt i framtiden. En möjlighet är öka användningen av solenergi och i denna rapport undersöks möjligheterna att kombinera solvärme med värmepumpar och vilken besparing solvärmens kan ge.

1.1 Bakgrund

Solfångare kan användas tillsammans i kombination med olika typer av värmepumpar. Målsättningen med detta projekt är att utreda vilken elbesparing och annan nytta som kan göras i kombinerade system med värmepumpar och solvärme. Studien ingår i programmet EFFSYS2 och en projektgrupp bestående av Björn Karlsson, LTH, Gunnar Bröms, Vattenfall, Jim Fredin, IVT har arbetat tillsammans med Elisabeth Kjellsson, LTH, som genomfört simuleringarna och sammanställt rapporten.

1.2 Solfångare

Den installerade solfångararean har ökat betydligt under de senaste 10 åren, se figur 1. De senaste åren har installationstakten varit mellan 18-20 MW/år (SP och Svensk Solenergi 2009) motsvarande 26 000-29 000 m² (1m²=0.7 kW ref IEA SHC). Ackumulerat mellan åren 1998 och 2008 är den sammanlagda installationen 152 MW motsvarande 217 000 m². Dessförinnan har det sedan 70-talet installerats ungefär lika mycket, men statistik om hur mycket som fortfarande är i drift finns inte. Ett antal stora anläggningar är nedmonterade av olika anledningar, men många mindre system är i full drift efter 30 år.



Figur 1. Installerade glasade solfångare i Sverige under 1998-08.
(Omräkning $1 \text{ m}^2 = 0.7 \text{ kW}$ enligt definition av IEA SHC et al.)

Den vanligaste anläggningsstorleken är villasystem för både tappvarmvatten och uppvärmning (kombisystem) med en medelarea på ca 10 m^2 för plana solfångare och 6 m^2 för vacuumrör-solfångare. I rena tappvarmvattensystem är medelarean ca 7 m^2 plana solfångare.

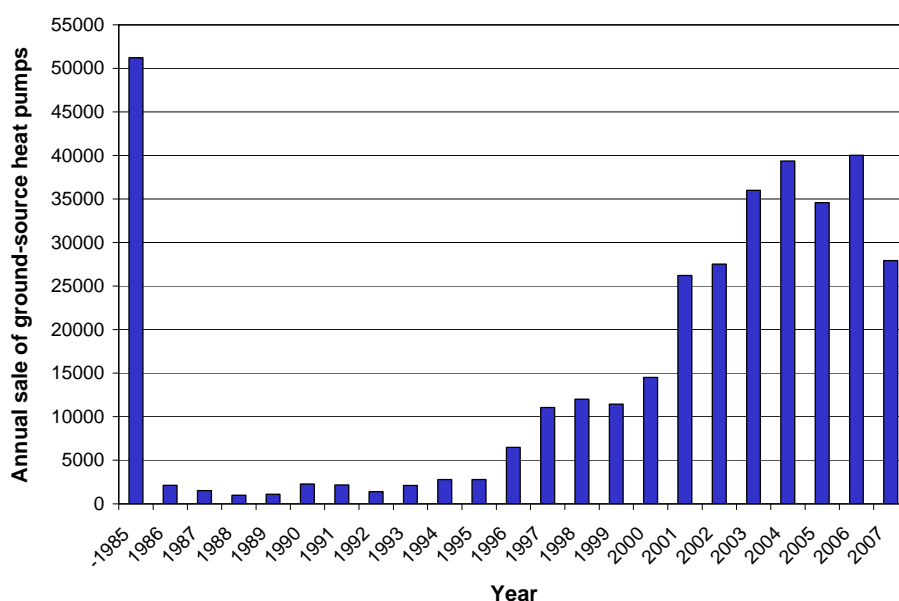
En grov uppskattning av antalet anläggningar med glasade solfångare i Sverige ger att det finns i storleksordningen 40 000 system.



Figur 2. Solfångare som används i kombination med värmepump på besökscentret vid Stenshuvuds Nationalpark. Foto: E. Kjellsson

1.3 Värmepumpar

SCB samlar varje år in information om uppvärmningsformer och energianvändning i Sveriges byggnader. I småhusen finns den absolut största andelen värmepumpar. Enligt SCB's statistik för 2008 redovisas att det finns en värmepump i ungefär var tredje småhus. Här finns uppgifter som tyder på att antalet bergvärmepumpar är underskattat om man jämför med statistiken från brunnborrare. Antalet borrhål som gjorts för energiändamål pekar på en uppskattad siffra på 350 000 – 400 000 bergvärmepumpsinstallationer för småhus, se figur 3. Även antalet luft/luft värmepumpar verkar vara kraftigt underskattat. Enligt SVEP finns i dagsläget en värmepump i hälften av Sveriges småhus. Endast 12% av småhusen värms enligt SCB med fjärrvärme.



Figur 3. Den årliga försäljningen av markvärmepumpar i Sverige mellan år 1986 och 2007, samt den ackumulerade försäljningen före år 1986. Statistik från Svenska Värmepumpsföreningen (SVEP 2008).

Flerbostadshusen värms enligt SCB till 82% med fjärrvärme och endast 6% av arean har någon form av kombination med värmepump. Motsvarande siffror för lokaler är att 68% av arean värms med fjärrvärme och 7% med kombinationer av värmepumpar, se tabell 1.

Tabell 1. Översikt över antalet värmepumpar år 2008 (Energimyndigheten och SCB 2009).

	Berg/jord/sjö värmepump	Luft/vatten/frånluftvärmepump	Luft/luft värmepump	Kombination av värmepumpar	Summa
Småhus	254 000	131 000	263 000	19	667 000
Flerbostadshus	11 000	6 000	3 000	-	20 000
Lokaler	7 000	1 000	3 000	-	11 000
Samtliga	272 000	138 000	269 000	19	698 000

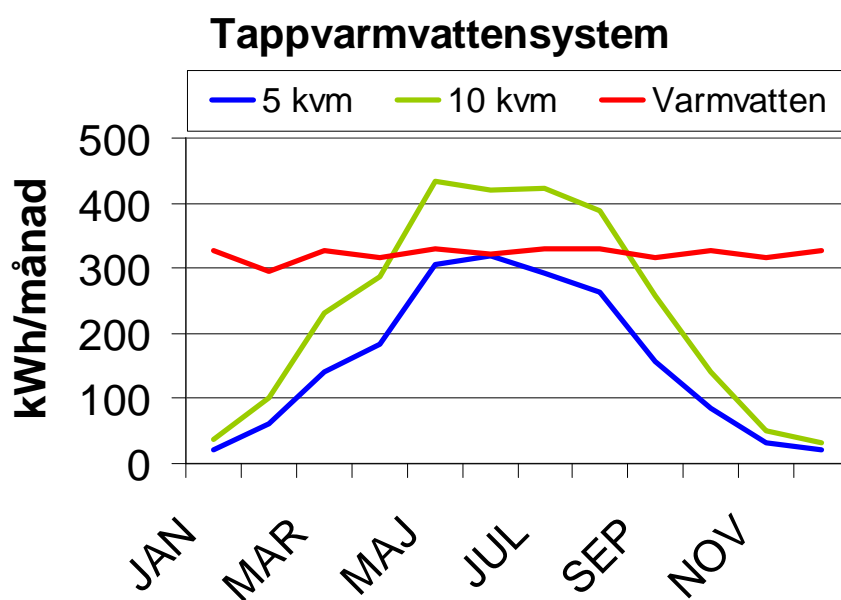


Figur 4. Uteluftvärmepump som används i kombination med solfångare. Foto: E. Kjellsson.

1.4 Värmebehov – småhus

Värmebehovet för tappvarmvatten i småhus är relativt konstant över året, givetvis med stora individuella avvikelser beroende på antal personer, ålder, vanor och närvaro. Ett värde som använts är 3600 kWh/år och småhus men noggrannare mätningar visar att detta värde är troligen något högt (Energimyndigheten 2009). För en villa med 4 personer pekar behovet snarare i genomsnitt på 3000 kWh/år.

Ett solvärmesystem dimensioneras ofta för att möta tappvarmvattenbehovet under sommaren. Detta ger teoretiskt störst utbyte per solfångararea. I figur 5 visas värmebehovet per månad för uppvärmning av tappvarmvatten i en villa, samt värmeproduktionen med 5 m² solfångare, som ger en värmeproduktion under juni som motsvarar värmebehovet. Installerar man istället 10 m² så blir det i detta fall en överproduktion under maj till augusti, vilken inte kan utnyttjas men också en användbar större värmeproduktion under resten av året.



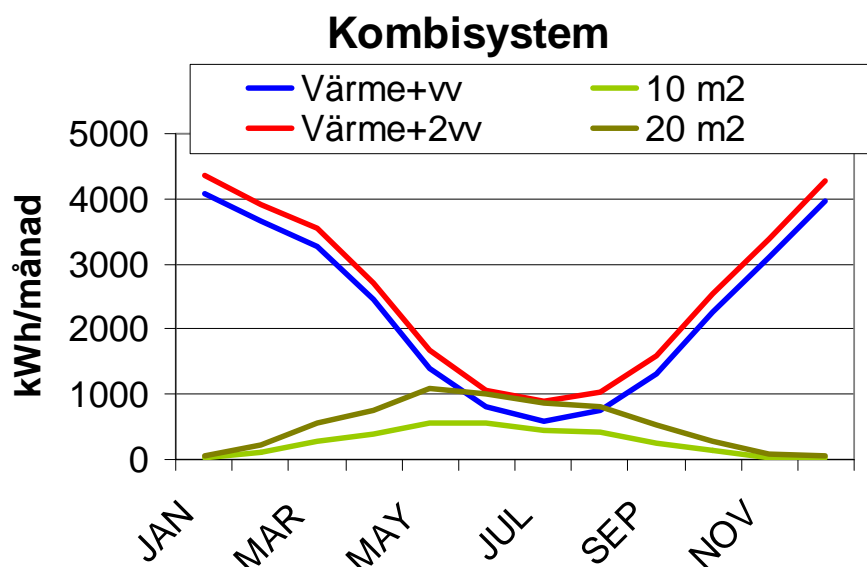
Figur 5. Principiell fördelning av värmebehov av tappvarmvatten för småhus, samt solvärmeproduktion för solfångaresystem med 5 resp 10 m² plana, glasade solfångare. Värmebehovet gäller under förutsättning att man är hemma under sommaren och inte åker bort. (Simulering med Winsun villa).

Solvärme används främst till tappvarmvatten eftersom värmebehovet i bostäder normalt sett är lågt under sommaren när solinstrålningen är högst. I Sverige har dock kombisystem varit vanligast bland annat för att lagringstanken som krävs i ett solvärmesystem även kan användas i kombination med t.ex. en bibränslepanna.

I äldre bostäder är uppvärmningsbehovet normalt mycket högre än värmebehovet för tappvarmvatten. Figur 6 visar månadsvariationen av värmebehovet i ett äldre småhus inklusive värmebehovet för tappvarmvattnet samt för dubblerat behov av värme till tappvarmvatten. Årsbehovet för uppvärmning är 23 600 kWh och för tappvarmvattnet

3800 kWh/år (dubblerat 7600 kWh/år). Solvärmeproduktionen för kombisystem med 10 resp 20 m² solfångare visas också och en anläggning på 10 m² motsvarar relativt väl värmebehovet under juni för det normala värmebehovet till tappvarmvatten.

I nybyggda energieffektiva småhus eller i passivhus är energianvändningen för uppvärmning starkt reducerad, vilket gör att värmebehovet för tappvarmvatten utgör en stor andel av det totala värmebehovet. Därigenom ökar också betydelsen av solvärme. Solvärmens kan i detta fall producera upp mot 40% av det totala värmebehovet.



Figur 6. Uppvärmningsbehov för småhus med totalt årsbehov på 23600 kWh inklusive värmebehov för tappvarmvatten (vv) 3800kWh/år. Som jämförelse finns också värmebehovet för dubblerat varmvattenbehov (2vv). Solvärmeproduktionen månadsvis visas för kombianläggningar med 10 resp 20 m² solfångare. (Simulering med Winsun villa.)

1.5 System och sammanfattning av möjligheter att använda solvärme

Antalet installerade system med en kombinationen solfångare och värmepumpar är inte känt, men sedan mer än 10 år finns det system som säljs i denna kombination.

Förutom värmepumpar i kombination så har i denna rapport även system med från- och tilluft med värmeåtervinning (FTX) tagits med.

Följande system analyseras i denna rapport – med indelning från olika värmepumpar:

- Uteluftvärmepump
 - Luft/luft – solvärme används för uppvärmning av tappvarmvatten i separat system
 - Luft/vatten - solvärme kombineras med värmepump

- Luft/vatten - värmepump utan tappvarmvattenproduktion. Solvärme för tappvarmvatten i separat del.
- Frånluftvärmepump (FVP)
 - Finns för enbart varmvatten, värme- och varmvatten resp inkl tillskottsvärme –solvärme ersätter el till värmepump
 - Finns för värme- och varmvatten - solvärme ersätter el till värmepump
- FTX-ventilation. Från- och tilluftssystem med värmeåtervinning
 - Minskar byggnadens värmebehov. Solvärme kan användas för uppvärmning av tappvarmvatten i separat system
- Bergvärmepump
 - Solvärme används i kombination med värmepump för uppvärmning av varmvatten och ev byggnadsuppvärmning
 - Solvärme används till värmepump och till borrhål
- Ytjordvärmepump
 - Solvärme används i kombination med värmepump för uppvärmning av varmvatten och ev byggnadsuppvärmning

Nedan finns en redovisning av hur värmepumpar (inkl FTX-ventilation) kan användas med utgångspunkt från solvärmessystemen:

- Solvärme för tappvarmvatten (renodlat system)
 - Uteluft/luft värmepump
 - Frånluftvärmepump (FVP)
 - FTX
 - Övriga system om de ej har vv-beredning, dvs
 - Uteluft/vatten värmepump
 - Bergvärmepump
 - Ytjordvärmepump
- Solvärme i ett kombisystem (varmvatten och uppvärmning)
 - Uteluft/vatten
 - Frånluftvärmepump (FVP)
 - Berg/jord/sjö värmepump

2 Metod och datorprogram

Målsättningen med denna studie är att analysera nyttan av att använda solvärme i kombination med olika typer av värmepumpssystem samt FTX ventilation. För att analysera energibesparingen har olika datorprogram använts.

De datorprogram som används för simuleringarna är:

- TRNSYS 16 – använt för bergvärmesystem
- Prestige 2.0 – för värmepumpar ej sol
- Winsun villa (version 2005-07-25) - solvärmeproduktion för villor
- Vip+ 5.2 - byggnader med både solfångare och värmepumpar
- Polysun 5.2 – luft/vatten värmepumpar med solvärme i villor

En stor fördel med simuleringar jämfört med verkliga mätningar är att väder och värmebehov kan hållas lika inom resp beräkningsprogram och kan anpassas mellan beräkningsprogrammen. I alla datorprogram görs förenklingar och olika beskrivningar av verkligheten. Vi har därför valt att använda olika program för olika tillämpningar, allt för att beräkningarna skall avspegla verkligheten så bra som möjligt. Detta är naturligtvis en nackdel när systemen ska jämföras, men bedömningen är att detta förfarande ger ett bättre slutresultat.

2.1 TRNSYS

TRNSYS är ett klassiskt simuleringsprogram som började utvecklas under 70-talet för att simulera solvärmesystem och har sedan utvecklats för att kunna simulera andra energikällor och energisystemlösningar. Det är ett internationellt väl använt program och har en flexibel uppbyggnad för olika systemlösningar. I denna studie har TRNSYS använts till det mest komplicerade systemet, bergvärme i kombination med solvärme. Eftersom uppbyggnaden av ett system i TRNSYS är tidsödande har andra program använts till de övriga systemen.

2.2 Prestige

Prestige är ett svenskt beräkningsprogram för dimensionering av värmepumpar som tagits fram av värmepumpsbranschen (Svep och Energimyndigheten). Programmet behandlar inte solvärme utan är inriktat på att beräkna den energibesparing som kan erhållas med hjälp av en värmepump i ett småhus. Prestige används för att dimensionera borrhålen till bergvärmesystem och har använts i denna studie som jämförelse med beräkningarna i TRNSYS.

2.3 Winsun villa

Winsun villa är ett förenklat simuleringsprogram där systemet är uppbyggt och endast vissa parametrar är möjliga att variera för användaren. Programmets bas är TRNSYS som genom TRNSED tillämpning formats till ett svenskt villasystem med solvärme. Winsun villa är skapat av Bengt Perers i samarbete med Högskolan i Dalarna och har i denna studie främst använts till att beskriva värmeproduktion av solvärmesystem.

2.4 VIP+

VIP+ är utvecklat som ett kommersiellt simuleringsprogram av byggnaders energianvändning och har sitt ursprung för ca 20 år sedan på Skanska. Nu utvecklas programmet av Structural Design Software, StruSoft, och innehåller även delar med solfångare och värmepumpar. VIP+ är optimerat för beräkning av byggnadernas energianvändning och är enligt manualen i första hand inte avsett för att användas för dimensionering av värmesystem. VIP+ har i denna studie främst använts till att simulera system med luft/luft värmepump och solfångare.

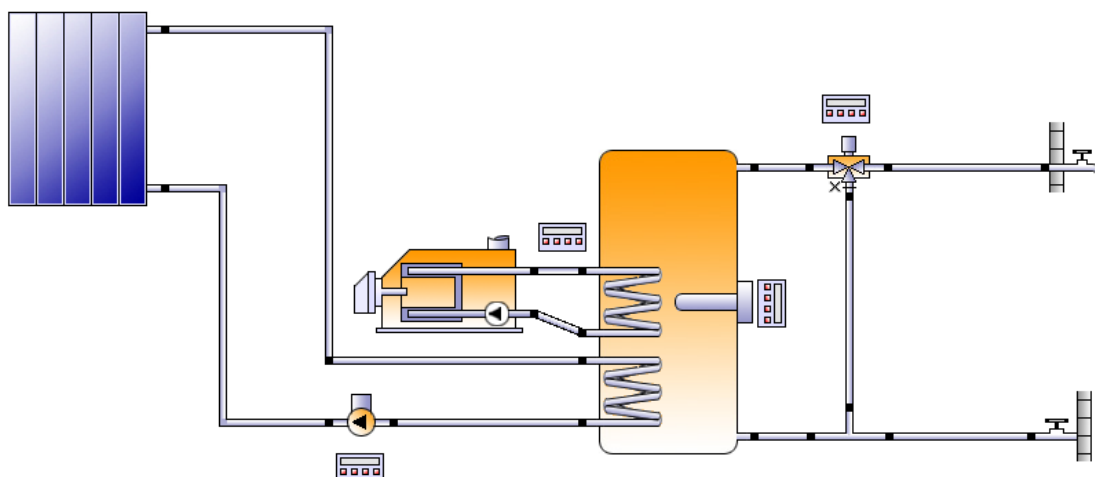
2.5 Polysun

Polysun är ett schweiziskt solvärmeprogram som har en stor mängd definierade system, däribland några med kombinationen solfångare och värmepump. Till programmet har man också lagt in en omfattande databas med kommersiellt tillgängliga solfångare, ackumulatortankar och värmepumpar. Ursprunget är testanläggningen SPF (Institut für Solartechnik) i Rapperswill, som har testat solfångare under många år och programmet utvecklats och säljs av VelaSolaris. Polysun har i denna studie använts till att simulera luft/vatten värmepump och solfångare.

3 Värmepumpssystem i kombination med solfångare

3.1 Solfångare och värmepump i separata system

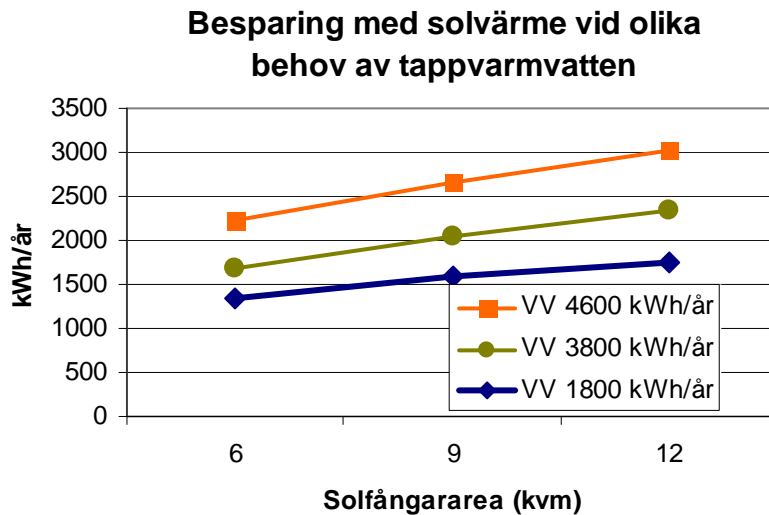
I anläggningar där solfångare och värmepump utgör separata system används normalt solvärmen till tappvarmvatten och värmepumpen till uppvärmning av byggnaden. Solvärmen kompletteras då vanligtvis med elvärme i varmvattenberedaren. Besparingen med solvärme beror på varmvattenbehovet, solvärmeanläggningens storlek och prestanda, samt på instrålningen. Från april till oktober kan solvärmen täcka upp till 90% av värmebehovet för tappvarmvatten och under vintern är motsvarande siffra upp till 20%. En väl fungerande solvärmeanläggning täcker då 50-60% av behovet för en normalfamilj på fyra personer, under förutsättning att det finns ett varmvattenbehov under sommaren.



Figur 7. Tappvarmvattensystem simulerat med Polysun.

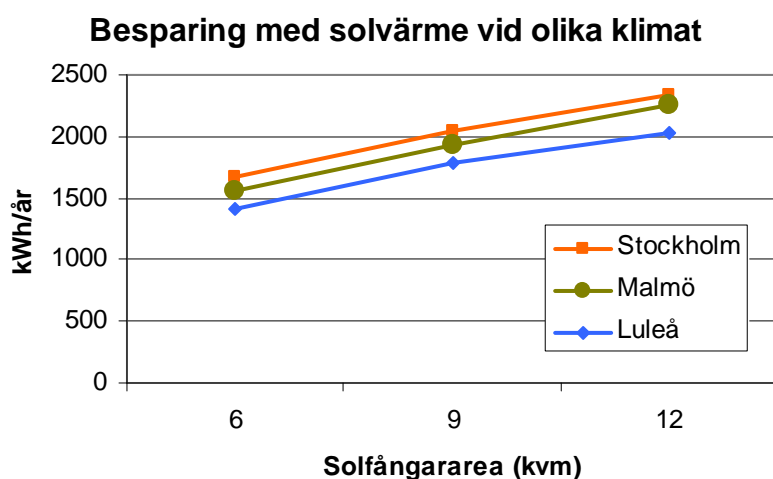
En schablonsiffra som ofta används är att solvärmen sparar 2 000 kWh/år. Besparingen hänger samman med vad man sparar och hur systemet ser ut. Sparar man bränsle – så ökar besparingen beroende på verkningsgraden i pannan. Solvärmeanläggningen producerar mer värme än vad som kan räknas som

besparing, eftersom det också blir förluster från lagringstanken. I det minsta solvärmesystemet är beredaren lika stor som en ordinär tappvarmvattenberedare men i större solvärmesystem är beredaren och värmeförlusterna större. Beroende på var beredaren är placerad kan ibland en del av värmeförlusterna användas för uppvärmning av huset men i ibland så räknas allt som en värmeförlust. Storleken av solfångararean och volymen på lagringstanken måste anpassas till varandra. Det är av stor betydelse att minimera tankförlusterna genom isolering och bra design.



Figur 8. Elbesparing med solvärme i tappvarmvattensystem i småhus (jämfört med utan solvärme) med olika varmvatten behov; 4600 kWh/år, 3800 kWh/år resp 1800 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Polysun.

Jämförelse av besparingen för olika areaor med plana solfångare i Malmö, Stockholm resp Luleå visas i figuren nedan för ett tappvarmvatten behov på 3800 kWh/år (Polysun). Normalt är tappvarmvattensystemen inte så stora utan medelarean snarast är runt 7 m², men de större areorna är medtagna för jämförelser med kombisystem, där solfångarna även är inkopplade i byggnadens värmesystem. Dessa system har en medelarea för plana solfångare på ca 10 m².



Figur 9. Elbesparing med solvärme i tappvarmvattensystem i småhus (jämfört med utan solvärme) med olika areor plana solfångare för olika klimat: Malmö, Stockholm resp Luleå. Tappvarmvatten ca 3800 kWh/år. Simulering med Polysun.

Rekommendationer

I separata system är solfångare och värmepump oberoende av varandra och det vanligaste är att solvärmen ersätter elanvändning. Det innebär att detta ger högsta besparing av el och kan därför rekommenderas. Det mest effektiva utnyttjandet av solvärme är i system som täcker ungefär hälften av årsbehovet för uppvärmning av tappvarmvatten.

3.2 Luft/luft värmepump och solvärme

Att kombinera solvärme med en luft/luft värmepump är att använda två system separat eftersom värmepumpen endast värmer byggnaden och solfångarna endast värmer tappvarmvattnet, om det inte finns ett vattenburet uppvärmningssystem som även kan värmas av något annat, t.ex. el eller olja. Den senare analyseras inte närmare här eftersom det inte är en kombination solvärme/värmepump.

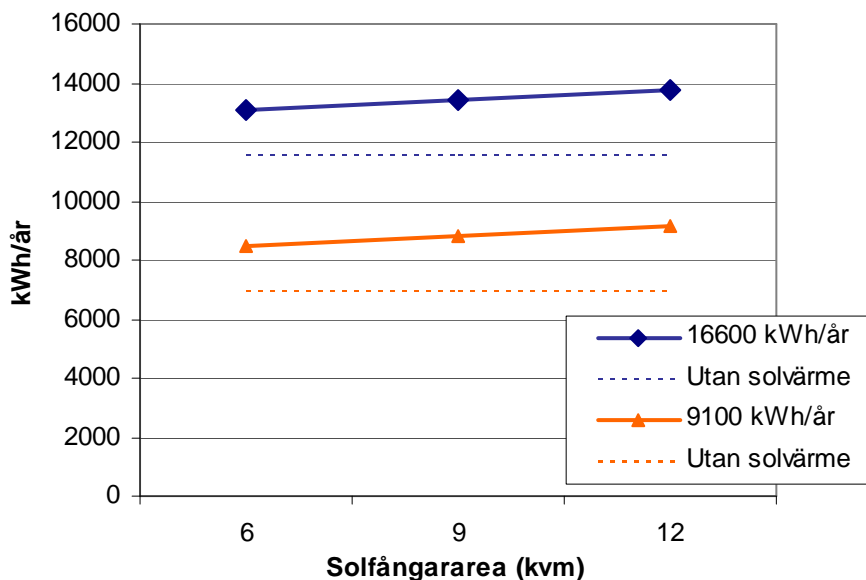
I ett luft/luft värmepumpssystem kan solvärmen spara i storleksordningen 50% av behovet av tillförd energi till tappvarmvattnet enligt avsnitt 3.1.

För att få en jämförelse mellan olika värmepumpssystem har besparingen av solvärmesystem resp luftvärmepumpen adderats i figuren nedan. Siffrorna för luft/luft värmepumpens besparing är hämtade från Energimyndighetens tester som finns att hämta på Energimyndighetens hemsida under Hushåll/tester.

Ett stort antal luft/luft värmepumpar är testade och energibesparingen anges för tre platser i Sverige, med medeltemperatur +8,0°C, +6,1°C resp +1,3°C vilket motsvarar klimatet i Malmö, Borås resp Luleå. Energibesparingen anges också för två olika uppvärmningsbehov för resp ort.

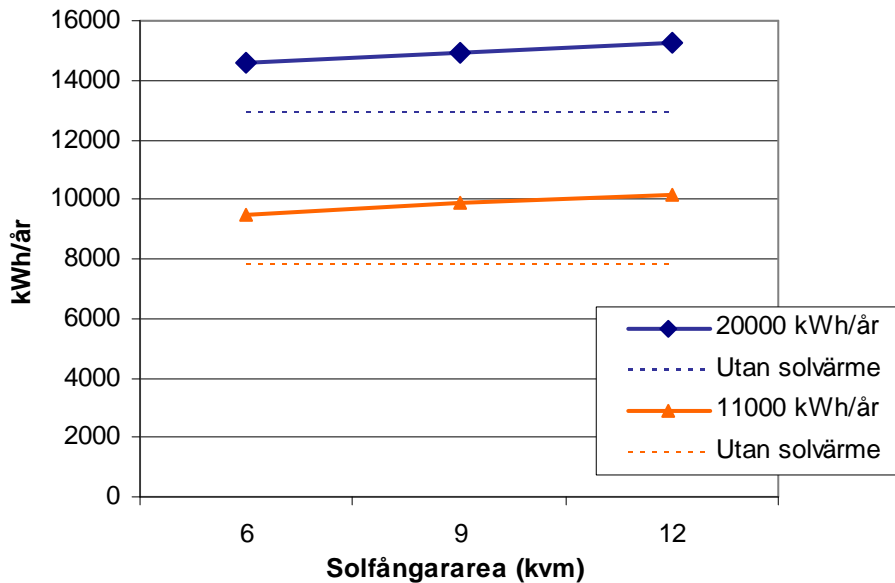
I figuren nedan är besparingen av solvärme hämtad från avsnittet ovan, dvs i detta sammanhanget har besparingen för Borås och Stockholm jämförbara värden.

Besparing med solvärme och luft/luft VP, resp utan solvärme för två olika uppvärmningsbehov i Malmö



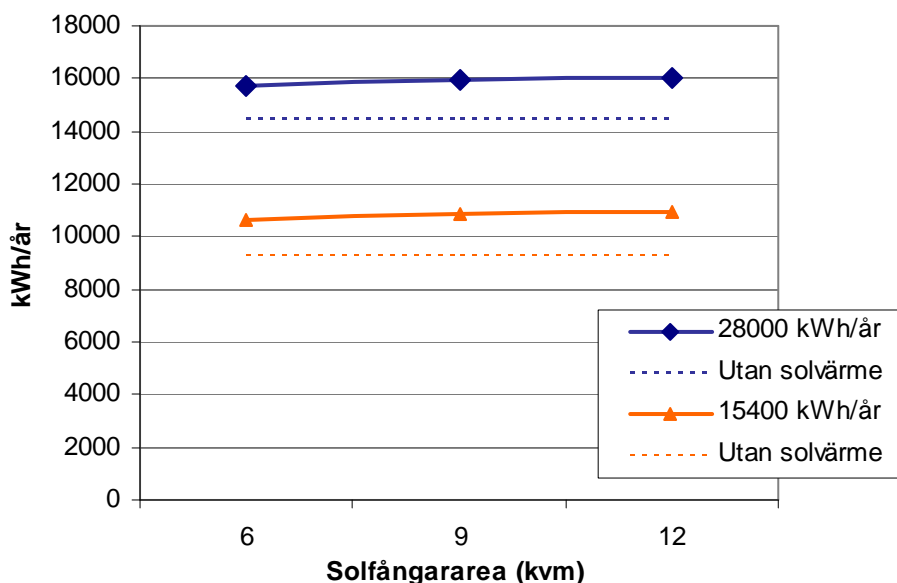
Figur 10. Energibesparing med solvärme i småhus och uteluft/luftvärmepump (jämfört med utan solvärme och VP) med olika solfångareareor med separata system för solfångare till tappvarmvatten resp uteluftvärmepump (med värmeeffekt 5.4 kW vid +2°C) till husuppvärmning för två olika uppvärmningsbehov 9100 kWh/år resp 16600 kWh/år samt för tappvarmvatten ca 3800 kWh/år, klimat Malmö. Simulering med Polysun för solvärme resp värden för värmepumpen från Energimyndighetens tester.

**Besparing med solvärme och luft/luft VP, resp
utan solvärme för två olika uppvärmningsbehov i
Borås**



Figur 11. Energibesparing med solvärme i småhus och uteluft/luftvärmepump (jämfört med utan solvärme och VP) med olika solfångareareor med separata system för solfångare till tappvarmvatten resp uteluftvärmepump (med värmeeffekt 5.4 kW vid +2°C) till husuppvärmning för två olika uppvärmningsbehov 11000 kWh/år resp 20000 kWh/år samt för tappvarmvatten ca 3800 kWh/år, klimat Borås. Simulering med Polysun för solvärme resp värden för värmepumpen från Energimyndighetens tester.

Besparing med solvärme och luft/luft VP, resp utan solvärme för två olika uppvärmningsbehov i Luleå



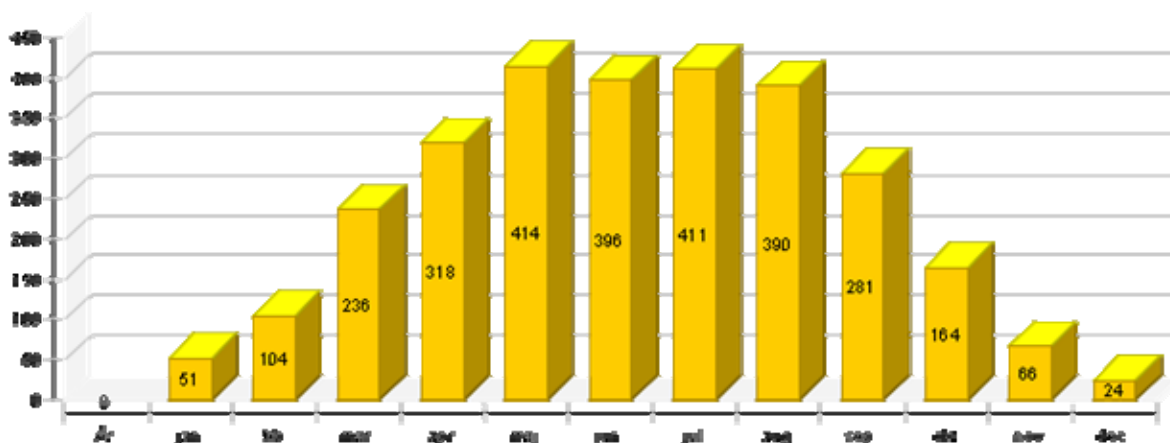
Figur 12. Energibesparing med solvärme i småhus och uteluft/luftvärmepump (jämfört med utan solvärme och VP) med olika solfångareareor med separata system för solfångare till tappvarmvatten resp uteluftvärmepump (med värmeeffekt 5.4 kW vid +2°C) till husuppvärmning för två olika uppvärmningsbehov 15400 kWh/år resp 28000 kWh/år samt för tappvarmvatten ca 3800 kWh/år, klimat Luleå. Simulering med Polysun för solvärme resp värden för värmepumpen från Energimyndighetens tester.

I figurerna ovan har besparingen med hjälp av luftvärmepumpen beräknats utifrån provningen av respektive värmepump, husets energibehov och årsmedeltemperaturen. Den verkliga besparingen blir dock lägre eftersom den beräknade bygger på bästa tänkbara förhållanden, där bland annat huset antas ha en öppen planlösning så att alla delar nås av värmen. Det finns också en stor variation mellan effektiviteten hos olika luftvärmepumpar och ovan har värden hämtats från de mest effektiva.

Dimensioneringen av en luftvärmepump kan göras av lokala installatörer och beror i hög grad av husets värmebehov i kombination med planlösning. Tidigare har man angivit att besparingen kan vara 30-50% av det årliga behovet för uppvärmning, men i takt med att värmepumparna blir effektivare ökar denna siffra.

Eftersom luftvärmepumparna värmer byggnaden och solfångare normalt endast värmer tappvarmvattnet i en byggnad som saknar vattenburet distributionssystem, så är systemen helt separata och inverkar inte varandras utbyte. Det innebär att de optimeras var för sig. Det finns givetvis möjligheter att kombinera luftvärmepumpar med solvärme i en byggnad med vattenburet distributionssystem, men dessa lösningar är specifika och beroende av så många variabler att optimerade kombinerade system är svåra generalisera.

Ett solvärt tappvarmvattensystem dimensioneras främst med utgångspunkt av behovet av varmvatten under sommaren. Systemet och solfångararean påverkas också av tillgängliga takytor, ackumulatorvolym och övrig värmeutrustning. Vid dimensionering av solfångare till ett tappvarmvattensystem utgår man ifrån att en normalfamilj på 4 personer använder ca 5000 kWh/år för produktion av tappvarmvatten (inklusive tankförluster). En plan solfångare i ett väl fungerande system producerar ca 400 kWh/m² och år och en solfångararea på 5-7 m² producerar således hälften av årsbehovet av tappvarmvattnet, se figur 8 och figur 13.



Figur 13. Månadsvis fördelning (kWh/månad) av solvärme från 6 m² solfångare till ett tappvarmvattensystem i småhus med varmvatten behovet 4600 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Polysun.

I samma system men med större area solfångare kan mer solvärme tillgodogöras under höst, vinter och vår men under sommaren finns ofta inte behov för mer värmestöskott. Därför brukar tappvarmvattensystem ofta dimensioneras så att ca hälften av tappvarmvattenbehovet täcks av solvärme.

Volymen på ackumulatortanken bestäms av solfångararean och normalt krävs 50-100 liter lagervolym per m² solfångararea. Eftersom plana solfångare hittills varit de vanligaste i Sverige är ovanstående area relaterad till plana solfångare. På senare år har användningen av vakuumrörssolfångare ökat kraftigt och dessa är normalt mer effektiva per areaenhet. Variationen mellan olika fabrikat kan vara stor men ett genomsnitt kan ligga runt 30% högre utbyte i vakuumrörssystem räknat i byggta för respektive solfångartyp.

Rekommendationer

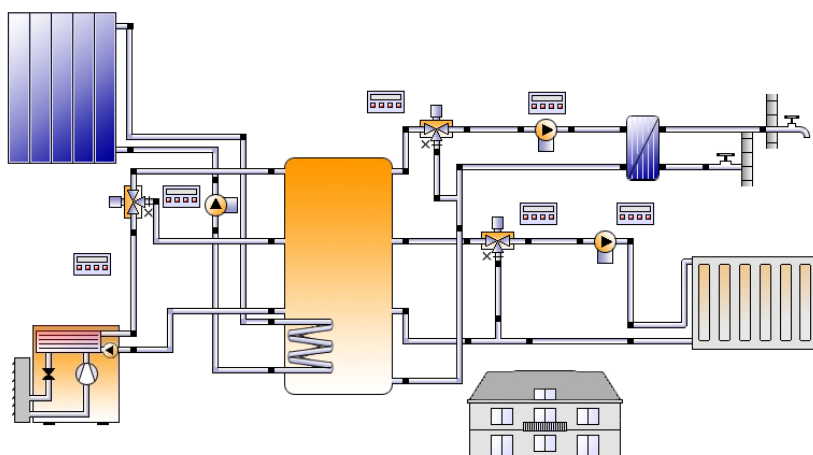
I system med solfångare och luftvärmepump är systemen separata och därmed oberoende av varandra. Oftast ersätter solvärme elanvändning, vilket innebär att detta ger högsta besparing av el och kan därför rekommenderas. Den mest effektiva dimensioneringen av solvärme är system som täcker ungefär hälften av årsbehovet för uppvärmning av tappvarmvatten.

3.3 Luft/vatten värmepump med varmvattenberedare

Med en luft/vatten värmepump för värmning av både byggnaden och tappvarmvattnet, så ger en solvärmeanläggning en mindre besparing jämfört med i luft/luft värmepumpsystemet. Schablonsiffran är att besparingen med solvärme i värmepumpsystem är ca 1/3-del av besparingen med solvärme utan värmepump, beroende på värmepumpens värmefaktor. Det finns även luft/vatten värmepumpar utan varmvattenberedare och då är besparingen med solvärme motsvarande separata system med luft/luft värmepump, se avsnitt 3.1

Energimyndigheten har testat ett litet antal luft/vatten värmepumpar och endast angett besparingen i klimat med medeltemperatur +8°C (Malmö), men med byggnader med tre olika uppvärmningsbehov: 15 000 kWh/år, 25 000 kWh/år resp 35 000 kWh/år. I broschyren Villavärmepumpar finns även besparingen för mellanliggande uppvärmningsbehov (ET2006:25/Tilltryck 2007).

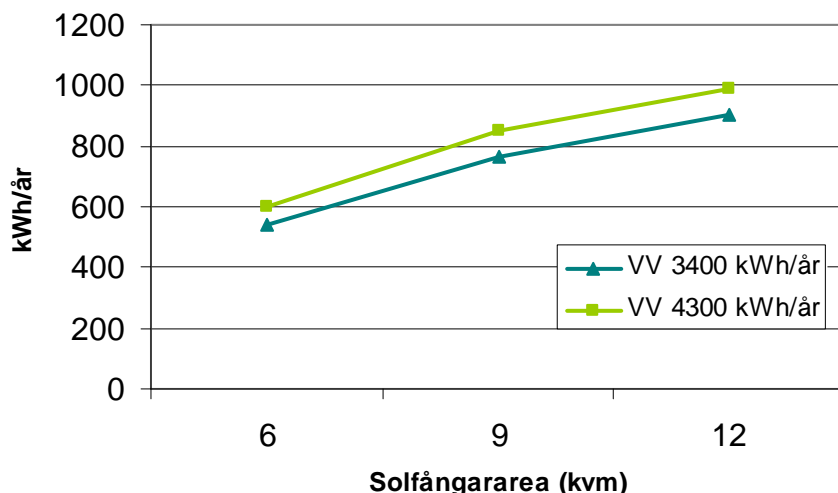
Simuleringar är också gjorda med Polysun med en systemuppbyggnad enligt figur 14.



Figur 14. System med solfångare och luft/vattenvärmepump i simuleringsprogrammet Polysun.

I Polysun har också simuleringar gjorts med variationer på solfångarearea resp värmebehov till tappvarmvatten, se figur 15.

Besparing med solvärme i system med luft/vatten VP

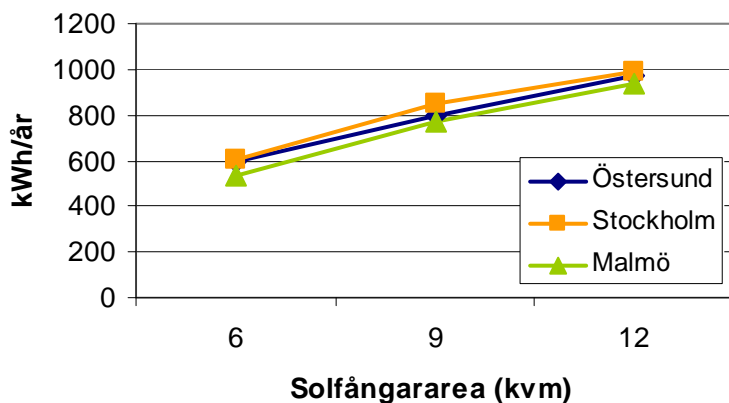


Figur 15. Elbesparing med solvärme i småhus (jämfört med hus utan solvärme) med luft/vattenvärmepump med olika solfångarareor och med två olika tappvarmvattenbehov 3400 kWh/år resp 4300 kWh/år. Uppvärmningsbehov ca 12 000 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Polysun.

Besparingen ökar med ökat behov av tappvarmvatten.

Om systemet flyttas från Stockholm till Malmö respektive Östersund så erhålls lägst besparing i systemet i Malmö. I figur 16 visas resultaten från systemet med samma byggnad som i figur 15 samt för tappvarmvattenbehovet 4300 kWh/år.

Besparing med solvärme



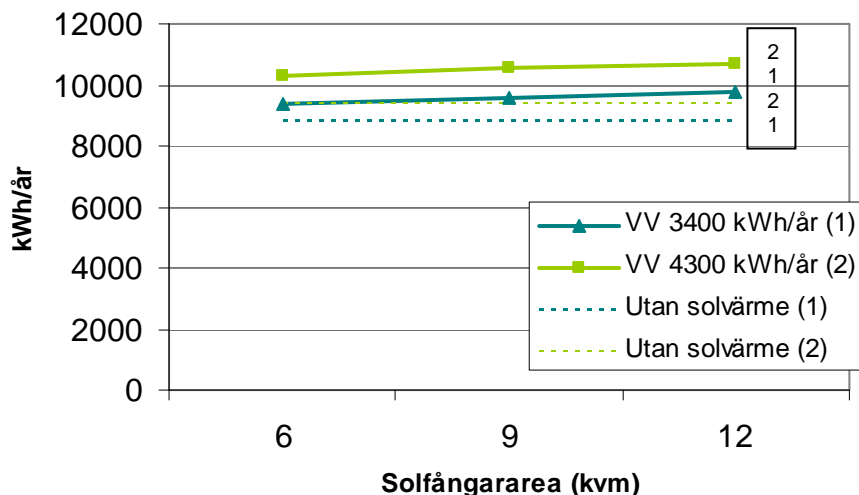
Figur 16. Elbesparing med solvärme i småhus (jämfört med hus utan solvärme) med luft/vattenvärmepump med olika solfångarareor i tre orter: Malmö, Stockholm och Östersund. Uppvärmningsbehov är ca 9 900, 12 300 resp 16 200 kWh/år, tappvarmvattenbehov ca 4 300 kWh/år. Simulering med Polysun.

I Malmö är behovet för uppvärmning ca 9900 kWh/år, i Stockholm ca 12 300 kWh/år och i Östersund ca 16 200 kWh/år. Tappvarmvattnet är konstant ca 4300 kWh/år i Malmö och Stockholm medan systemet inte räckte till i Östersund och stannade på

under 4200 kWh/år. I Stockholm erhöles den största besparingen men skillnaden är inte så stor mellan orterna.

Besparingen med en luft/vattenvärmepump varierar kraftigt beroende på värmebehov och installation. I Energimyndighetens tester så kan besparingen för samma värmepump variera mellan 9000 – 19000 kWh/år och i broschyren Värmepumpar anges besparingar för olika värmepumpar (inklusive varmvattenberedning) från 11500 kWh/år till 23 000 kWh/år. Som exempel visas figuren nedan med simulering av ett småhus i Stockholm med totala värme- och tappvarmvattenbehovet 15 700 kWh/år. Besparingen med en luft/vattenvärmepump är i denna byggnad ca 9000-10000 kWh/år men i jämförelse med Energimyndighetens siffror så är ju energianvändningen och därmed besparingen låg.

Besparing med solvärme och luft/vatten VP



Figur 17. Elbesparing med solvärme och luft/vatten värmepump i småhus (jämfört med hus utan solvärme och värmepump) med olika stora solfångarareor och med två olika tappvarmvattenbehov 3400 kWh/år resp 4300 kWh/år. Uppvärmningsbehov ca 12 000 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Polysun.

Rekommendationer

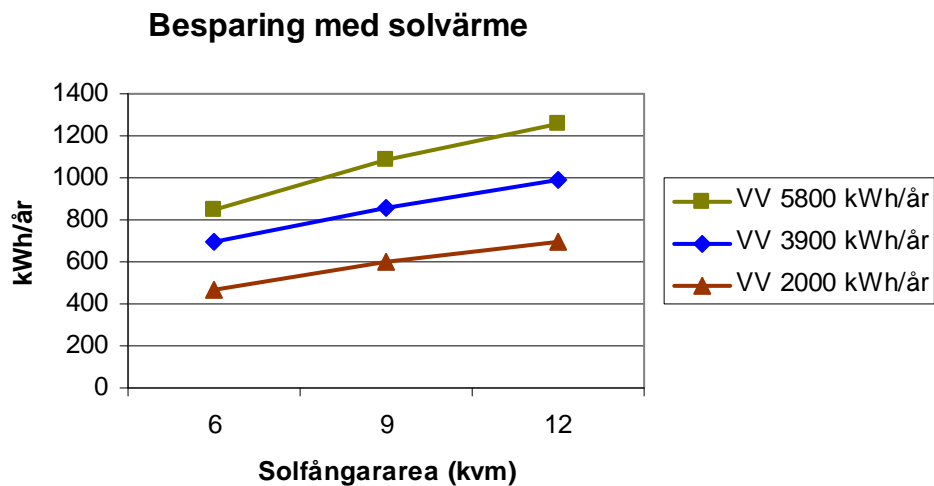
I system med solfångare och luft/vattenvärmepump med varmvattenberedare är systemen kopplade till samma förbrukning vilket innebär att solvärmens endast ersätter elanvändningen till kompressorn i värmepumpen. Jämfört med separata system ger solvärmens en lägre elbesparing men andra mervärden kan räknas in, t.ex. att värmepumpen inte behöver användas under sommaren och är därmed tyst. Livslängden kan också förlängas något.

3.4 Frånluftsvärmepump – FVP

En frånluftsvärmepump utnyttjar husets frånluft som värmekälla och värmer byggnaden och tappvarmvattnet eller endast tappvarmvattnet. Fördelen med FVP är att den normalt skapar ett undertryck i huset så att det inte uppstår fuktproblem i ytterväggarna. Värmepumpen täcker i normala småhus hela tappvarmvattenbehovet samt delar av uppvärmningsbehovet.

Största nyttan av solvärmen fås när frånluftsvärmepumpen inte är ansluten till tappvarmvattensystemet. Detta är ur solvärmeanvändning en intressant tillämpning eftersom systemen inte konkurrerar utan solvärmen ger en besparing som i luft/luft systemet, se avsnitt 3.1.

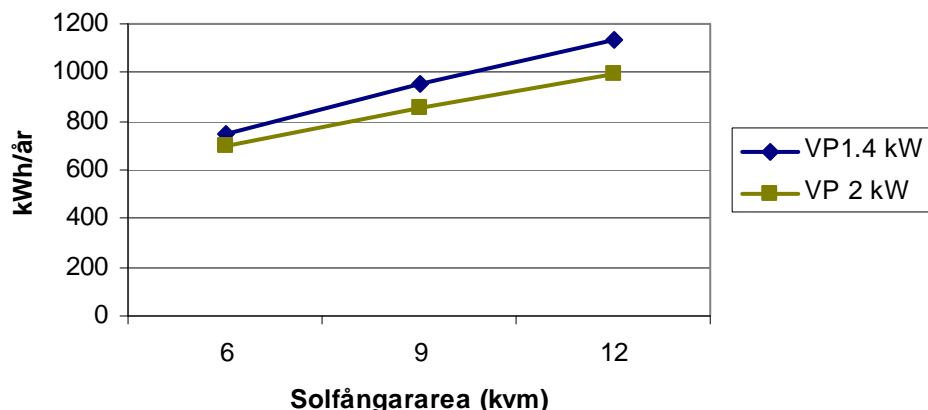
Figuren nedan visar besparingen med solvärme i ett FVP-system med varmvattenberedning och med olika behov av tappvarmvatten.



Figur 18. Energibesparing med solvärme i småhus (jämfört med hus utan solvärme) med en frånluftsvärmepump. Besparingarna är beräknade med olika solfångarareor för tre olika värmebehov till tappvarmvatten, 2000, 3900 resp 5800 kWh/år och med en värmepump med en kondensoreffekt 2 kW. Uppvärmningsbehov ca 15 000 kWh/år samt för tappvarmvattenbehovet ca 3900 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Vip+.

Storleken på frånluftsvärmepumpen ger också olika besparing med solvärme och en mindre värmepump innebär mer nytta av solfångarna, se figur 19..

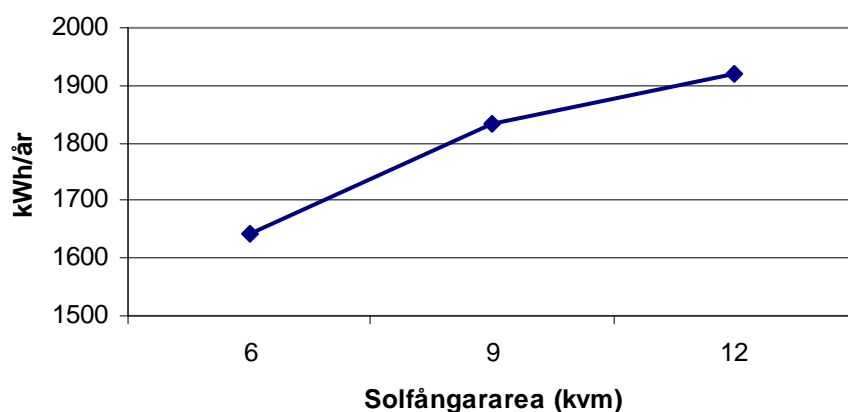
Besparing med solvärme



Figur 19. Energibesparing med solvärme i småhus (jämfört med hus utan solvärme) med frånluftsvärmepump med olika solfångarareor för två storlekar på värmepump. Uppvärmningsbehov ca 15 000 kWh/år samt för tappvarmvatten ca 3900 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Vip+.

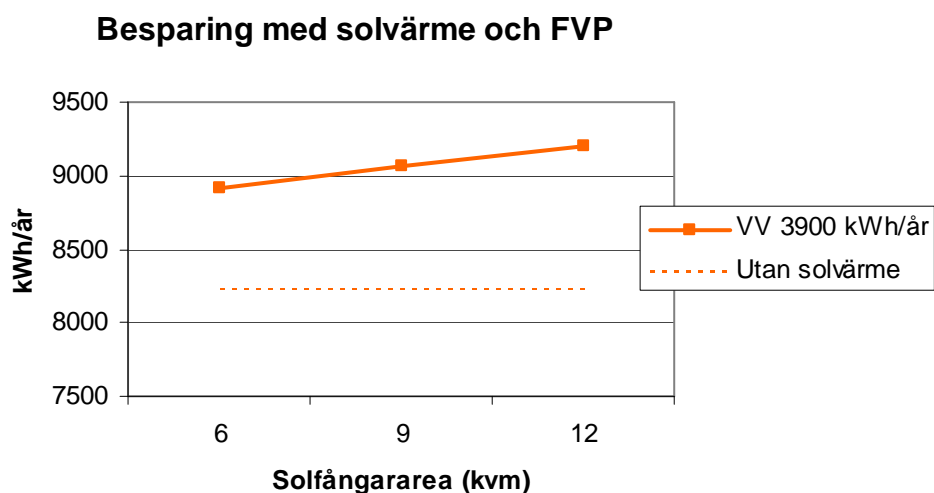
Om frånluftsvärmepumpen inte är inkopplad till tappvarmvattensystemet så blir funktionen motsvarande en uteluft/luft värmepump, dvs ett separat system som inte konkurrerar med solvärme och i detta fallet går det utmärkt att kombinera. Det är dock inte så vanligt med sådan kombination. Det skulle dock vara möjligt att utnyttja i hus med direktverkande el.

Besparing med solvärme med separata system



Figur 20. Energibesparing med solvärme i småhus (jämfört med hus utan solvärme) med frånluftsvärmepump med olika areor solfångare med separata system för solfångare till tappvarmvatten resp frånluftsvärmepump (luft/luft) till husuppvärmning. Uppvärmningsbehov ca 15 000 kWh/år samt för tappvarmvatten ca 3900 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Vip+.

Besparingen av ett FVP-system beror på byggnadens värmebehov mm. Nedan visas ett exempel med solfångare och FVP.



Figur 21. Energibesparing med solvärme och frånluftsvärmepump i småhus (jämfört med utan solvärme och FVP) olika areor solfångare. Uppvärmningsbehov ca 15 000 kWh/år samt för tappvarmvatten ca 3900 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Vip+.

Rekommendationer

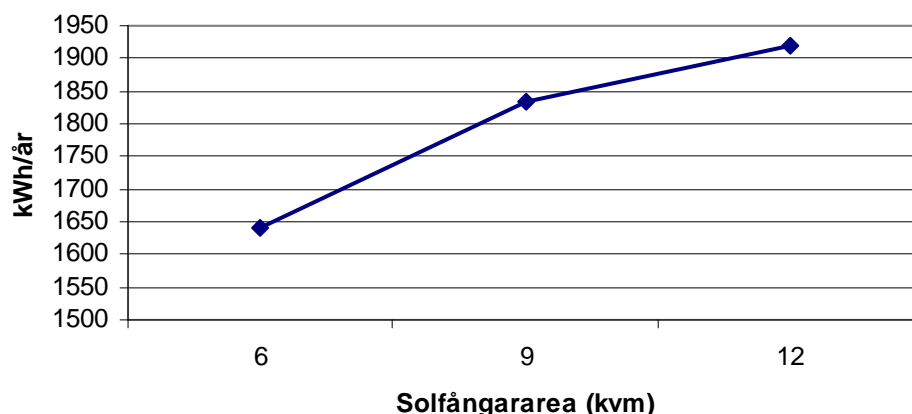
I system med solfångare och frånluftsvärmepump med varmvattenberedare är systemen kopplade till samma förbrukning vilket innebär att solvärmens endast ersätter elanvändningen till kompressorn i värmepumpen. Jämfört med separata system ger solvärmens en lägre elbesparing men andra mervärden kan räknas in, t.ex. att värmepumpen inte behöver användas under sommaren och är därmed tyst. Livslängden kan också förlängas något.

3.5 FTX-ventilation – ventilationssystem med från- och tilluftssystem och värmeåtervinning

I ett FTX-system värmer den varma frånluften den kalla tilluften. Energiförbehovet påverkas såväl av husets täthet som av värmeväxlarens verkningsgrad. Ett litet värmebatteri är ofta placerat efter värmeväxlaren för att eftervärma tilluften vid kall väderlek. Kompletterande uppvärmning av byggnaden sker på normalt sätt med någon form av värmesystem. Det innebär att ett solvärmesystem för tappvarmvatten inte konkurrerar med ett FTX-system. Nyttan med solvärme är då motsvarande som i ett luft/luftvärmepumpsystem, se avsnitt 3.1.

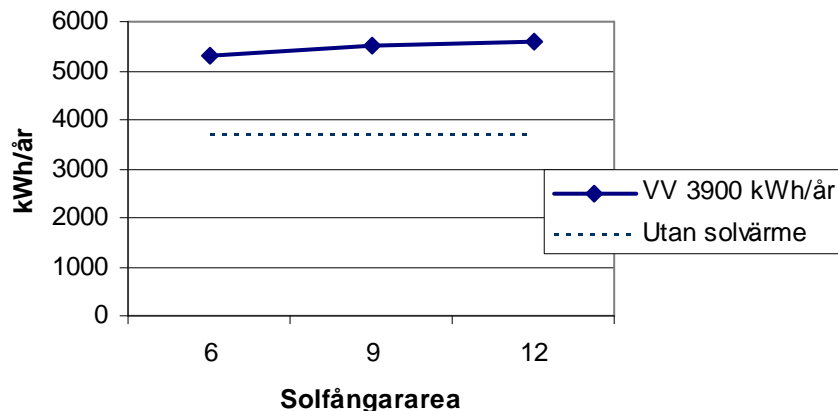
FTX-ventilation används ofta i passivhus och även i nya småhus där kraven på låg energianvändning är höga.

Besparing med solvärme



Figur 22. Energibesparing med solvärme i småhus (jämfört med hus utan solvärme) med olika areor solfångare med separata system för solfångare till tappvarmvatten resp FTX med energiverkningsgrad 70% till husuppvärmning. Uppvärmningsbehov ca 16 500 kWh/år samt för tappvarmvatten ca 3900 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Vip+.

Besparing med solvärme och FTX



Figur 23. Energibesparing med solvärme och FTX-ventilation i småhus (jämfört med hus utan solvärme och FTX) med olika solfångarareor, FTX med energiverkningsgrad 70%. Uppvärmningsbehov ca 16 500 kWh/år, tappvarmvattenbehov ca 3900 kWh/år, klimat Stockholm. Simulering med Vip+.

Rekommendationer

I system med solfångare och FTX-ventilation är systemen separata och därmed oberoende av varandra. Oftast ersätter solvärme elanvändning, vilket innebär att detta ger högsta besparing av el och kan därför rekommenderas. Den mest effektiva dimensioneringen av solvärme är system som täcker ungefär hälften av årsbehovet för uppvärmning av tappvarmvatten.

3.6 Bergvärmepump

I bergvärmepumpsystem kan solvärme användas på fler sätt som

- direkt för tappvarmvattnet
- tappvarmvatten och husuppvärmning
- för att återladda av borrhål

Simulering av olika system för villor med varierade borrhålsdjup visar att

- återladdning ger mest elbesparing vid underdimensionerade borrhålsdjup
- man använder solvärme mest effektivt i kombinerat system (se nedan) vid normalt optimerat borrhål
- man kan borra tätare mellan olika bergvärmesystem om man återladdar med solvärme.

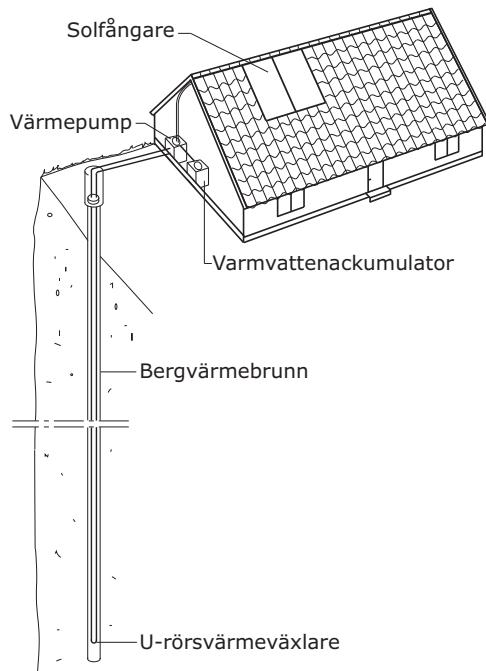
Solfångare kan i kombination med bergvärmepump användas som i ett konventionellt solvärmesystem, där solvärmen främst värmer tappvarmvattnet under sommarhalvåret. I detta fall ersätts upp till hälften av det årliga uppvärmningsbehovet för varmvatten. I kombisystem är solvärmen även inkopplad i byggnadens värmesystem och ersätter då även annan tillförd värme under vår och höst. Värmepumpen står i detta fall för resterande värmeförsörjning.

Kopplar man istället solfångaren så att solvärme också kan användas för att höja temperaturen på köldbäraren till förångaren eller laddas ner direkt i borrhålet ökar användningsmöjligheterna och komplexiteten. Simuleringar av villasystem visar att nyttan av solvärmen dels är beroende av borrhålsdjupet, men även av effektiviteten av cirkulationspumpar och använd driftstrategi. Den el till värmepumpen som kan sparas in genom att temperaturen till förångaren är förhöjd med hjälp av solvärme, måste jämföras med cirkulationspumparnas elanvändning. Optimal drifttid är i sin tur beroende av cirkulationspumparnas verkningsgrad och borrhålets djup i förhållande till värmeuttaget från värmepumpen. Detta innebär att ett sådant komplext system med många variabler är svårt att analysera generellt. Därför har ett typiskt villasystem valts och simulerats.

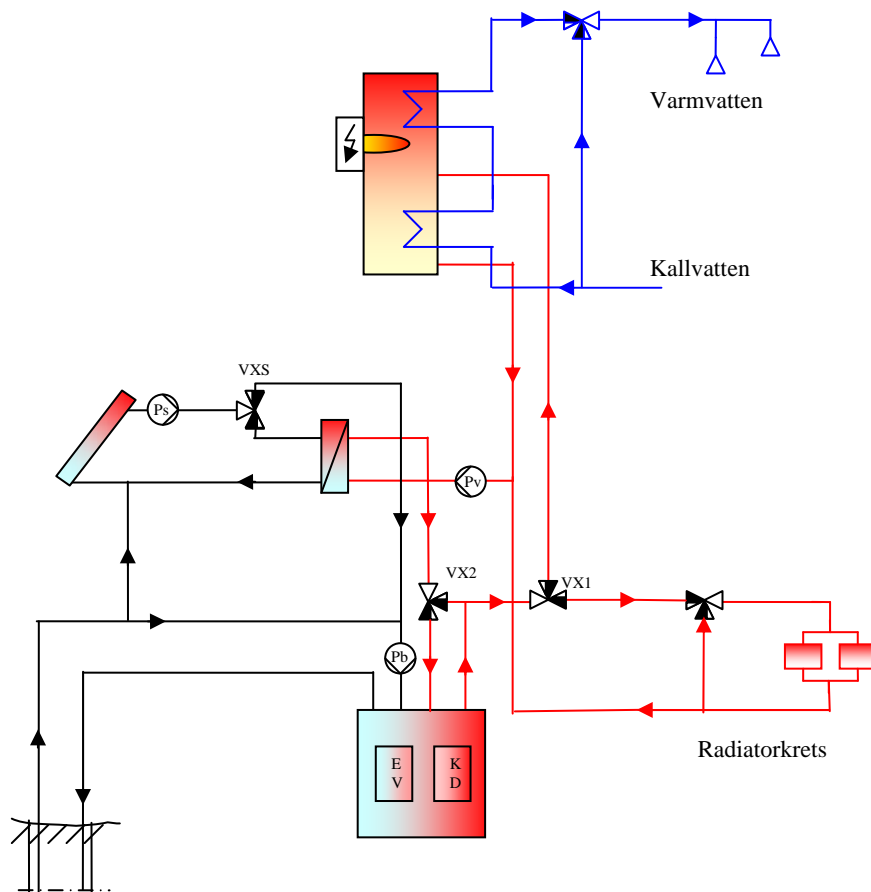
Värmebehovet i byggnaden är ca 26000 kWh/år, samt 3400 kWh är värme till varmvatten och klimatet gäller för Stockholm. Solfångarna var konventionella, plana solfångare. Borrhålsdjupet varierades mellan 60-160 m och simuleringar utfördes med variation på värmepumpseffekt, markens värmeledningsförmåga, olika markvärmeväxlare, solfångararea, klimat mm. För att den långsiktiga temperaturförändringen runt borrhålet skulle beaktas simulerades 20 års drifttid och sista årets resultat användes vid jämförelserna.

Eftersom syftet var att undersöka vilken nytta solvärmen kan ge i ett bergvärmesystem så simulerades ett system utan solfångare som referens. I systemen med solfångare användes solvärmen antingen till att ladda borrhålet via värmepumpen eller till att värma tappvarmvatten som i ett konventionellt solvärmesystem. Dessutom simulerades en variant där man använde solvärmen till

värmepump och borrhål under de fyra vintermånaderna och i övrigt till tappvarmvatten.



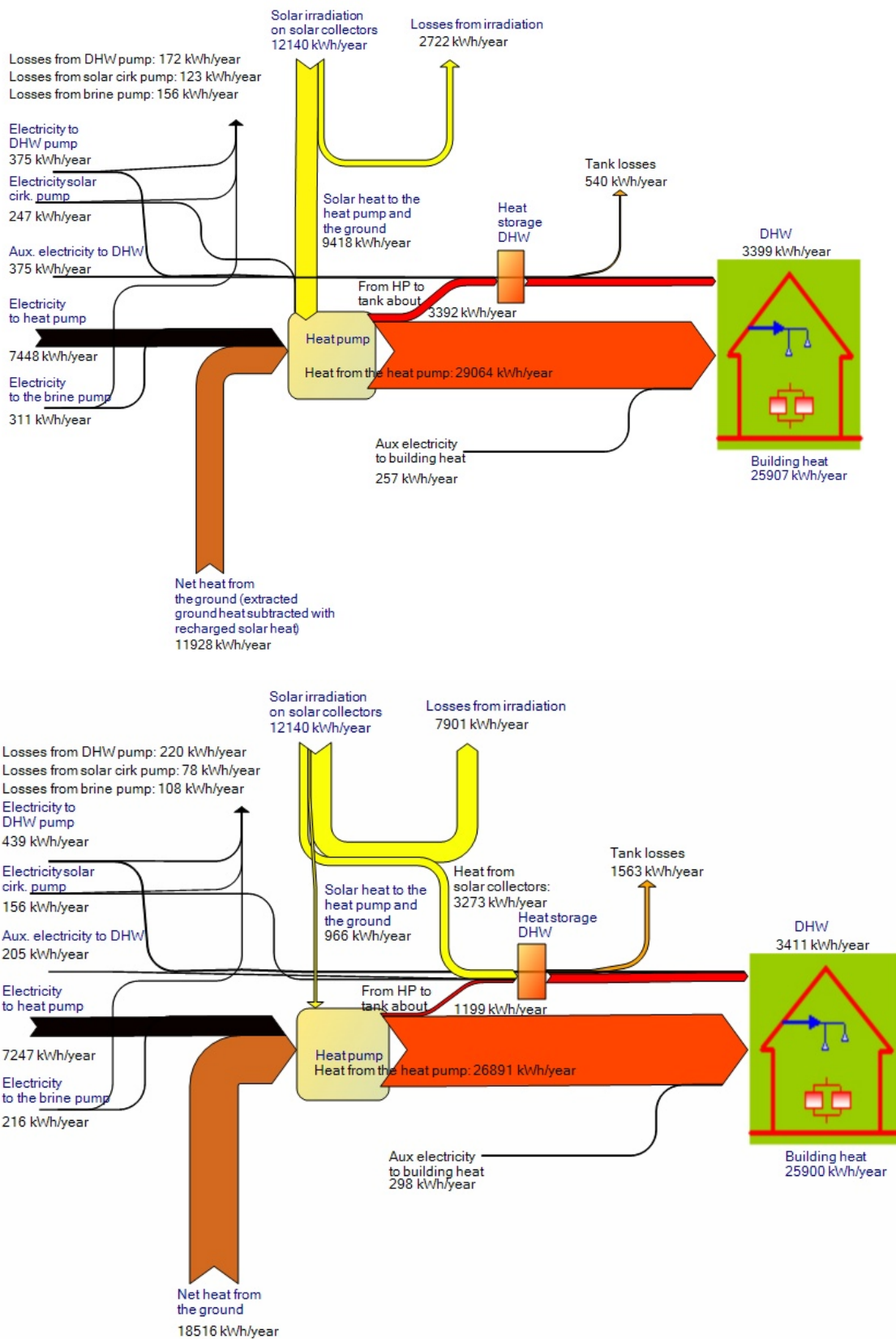
Figur 24. Principbild av villa med solfångare och bergvärmepump.



Figur 25. System där solfångarna kan värma tappvarmvatten, värmesystem, förångare eller borrhål.

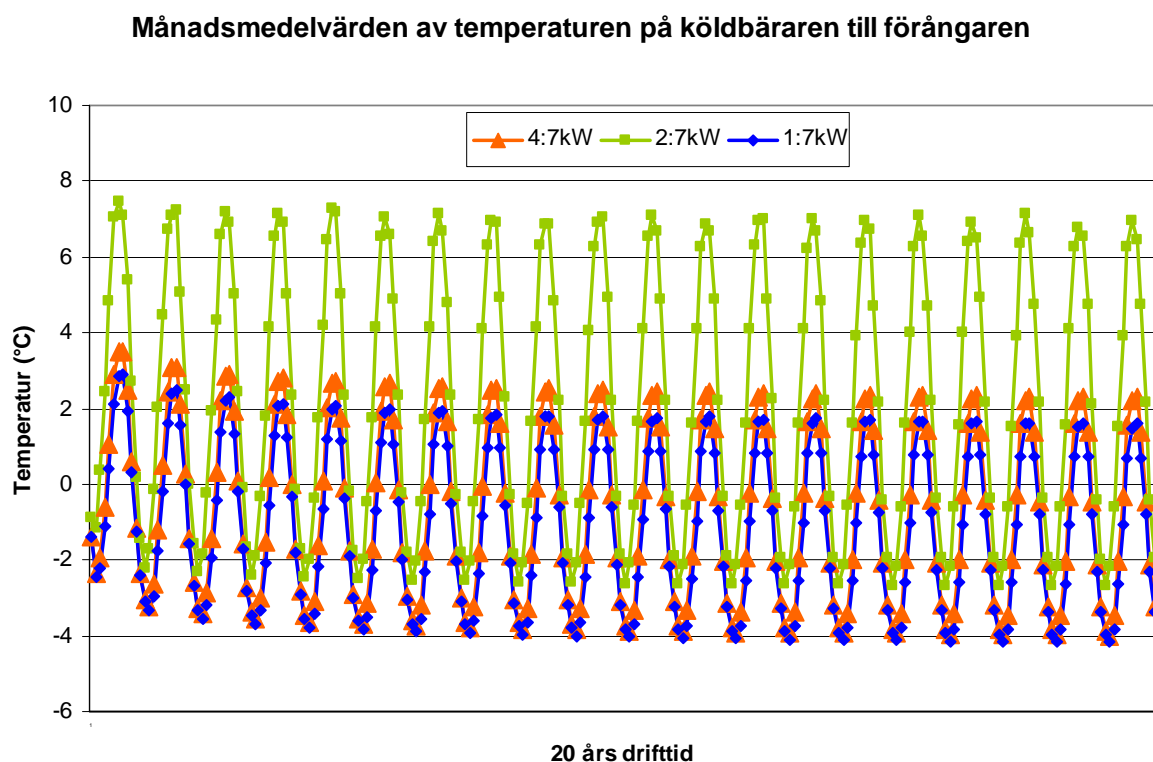
Energibalanserna i de olika systemen visas i s.k. Sankey-diagram. Figur 26 visar det simulerade referensfallet med 100 m borrhålsdjup och 10 m² solfångararea i systemet där all solvärme används för att återladda borrhålet via värmepumpen. En mycket stor andel solvärme kan användas i systemet eftersom temperaturnivån i drift är låg och solfångarsystemet får lång drifttid.

Genom återladdningen med solvärme minskar nettoandelen uttagen värme ur borrhålet i motsvarande grad. I figur 26 visas energibalansen för systemet med återladdning under vintern och användning av solvärme under sommaren för borrhålsdjupet 100 m. En större andel markvärme utnyttjas och endast en liten del solvärme används till värmepump och borrhål. Eftersom drifttemperaturen i ett tappvarmvattensystem är betydligt högre än i systemet med återladdning används en mindre del av den inkommande solenergin.



Figur 26. Energibalans i villasystem med solenergi används direkt till värmepump samt till återladdning av borrhål (överst) resp system där solvärme återladdas under november till februari och i övrigt till tappvarmvatten (ovan). Värmebehov 25 900 kWh/år, tappvarmvattenbehov 3400 kWh/år, solfångare 10 m², borrhålsdjup 100 m, värmepump 7 kW. Simulering med TRNSYS.

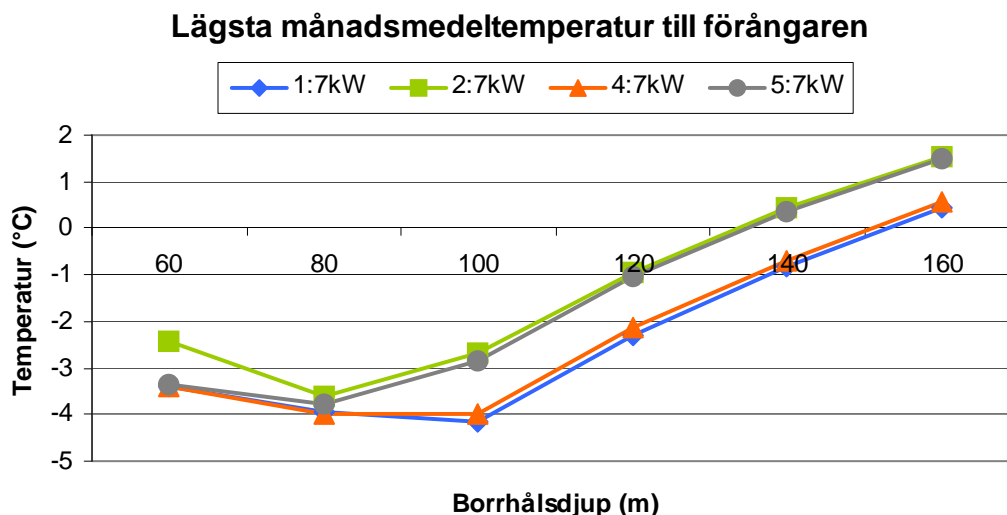
Figur 27 visar 20 års månadsmedelvärden av temperaturen på köldbäraren till förångaren när värmepumpen är i drift för systemen utan solvärme, solvärme till tappvarmvatten resp solvärme till återladdning. Det är dels en stor variation mellan årstiderna, samt en successivt sjunkande temperatur, främst under de tre första åren. Framförallt ser man de höga temperaturerna under sommaren som finns i systemet med återladdning. Under vintern är skillnaden mellan systemen betydligt mindre.



Figur 27. 20 års månadsmedelvärden av temperaturen på köldbäraren till förångaren när värmepumpen är i drift för systemen utan solvärme (1:7kW), solvärme till tappvarmvatten (4:7kW) resp solvärme till återladdning (2:7kW) för referenssystemet med 10 m² solfångare, 7 kW värmepump och 29 400 kWh/år värmebehov inkl tappvarmvatten. Simulering med TRNSYS.

Om man tittar på den lägsta månadsmedeltemperaturen på köldbäraren till förångaren så finner man den i systemet utan solvärme, se figur 28. Systemet med solvärme till tappvarmvattensystemet uppvisar endast något högre köldbärartemperatur. Denna erhålls genom att värmepumpen och därmed borrhålet knappast används under sommaren eftersom solfångaren då tar över i stort sett hela värmeproduktionen. Den naturliga återladdningen från borrhålets omgivning ökar då och under sommaren är det en större temperaturskillnad, men den är nästan borta till den kallaste månaden. Om man däremot återladdar borrhålet och stöttar värmepumpen så erhålls en högre temperatur, jämfört med samma borrhålsdjup utan återladdning. Den absoluta skillnaden är systemberoende men i de genomförda simuleringarna rör det sig om 1-1.5°C alternativt kan det motsvara upp mot 20 meters borrhålsdjup för att erhålla samma temperatur. För det mest extremt underdimensionerade borrhålsdjupet, så följer temperaturerna varandra relativt nära

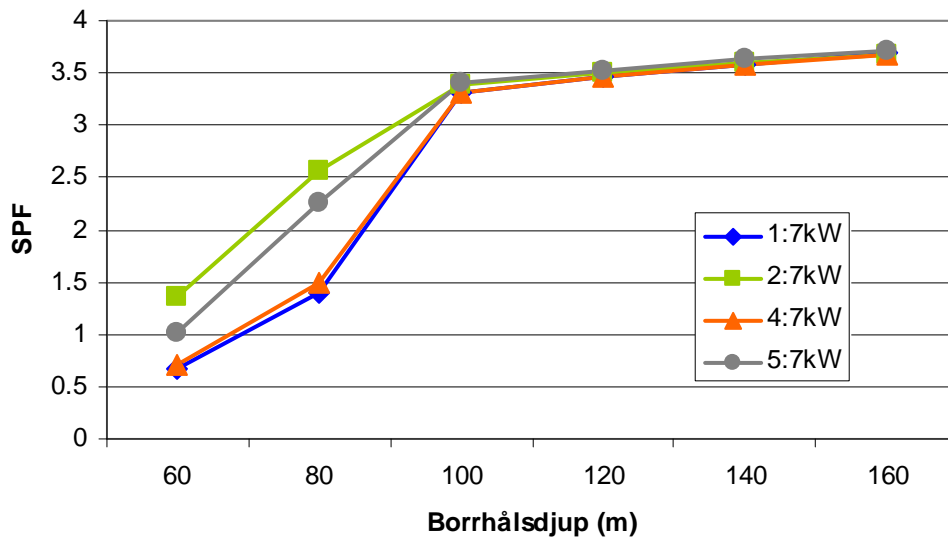
för systemet med återladdning hela året resp för systemet med bara återladdning under vintern.



Figur 28. Lägsta månadsmedelvärden av temperaturen på köldbäraren till förångaren när värmepumpen är i drift för systemen utan solvärme (1:7kW), solvärme till tappvarmvatten (4:7kW), solvärme till återladdning (2:7kW) resp solvärme till tappvarmvatten under mars-oktober, samt till värmepump och borrhål under november till februari (5:7kW) för referenssystemet med 10 m² solfångare, 7 kW värmepump och 29 400 kWh/år värmebehov inkl tappvarmvatten. Simulering med TRNSYS.

I värmepumpssystem används värmefaktorn (COP) för att beskriva effektiviteten av värmepumpen. Med användandet av solvärmesystem följer användning av fler cirkulationspumpar och därmed en ökad elanvändning. Vid jämförelser mellan olika system bör därför all elanvändning redovisas under en jämförbar tid. Förutom el till pumpdrift så krävs även el som tillskottsel när värmepumpen inte räcker till. Kan solvärme ersätta denna tillskottsel så ger solvärmen mesta nytta. Vid jämförelse med årsvärmefaktorn (SPF – Seasonal Performance Factor) för de olika systemen, ser man att för den simulerade byggnaden så är SPF relativt nära varandra för väl dimensionerade borrhålsdjup medan SPF skiljer sig mellan systemen för kortare borrhål, se figur 29. SPF definieras här som levererad värme från värmepumpen dividerat med all använd elektricitet i systemet, dvs el till kompressorn, cirkulationspumpar samt tillskottsel till hus- resp. tappvarmvattenuppvärmning.

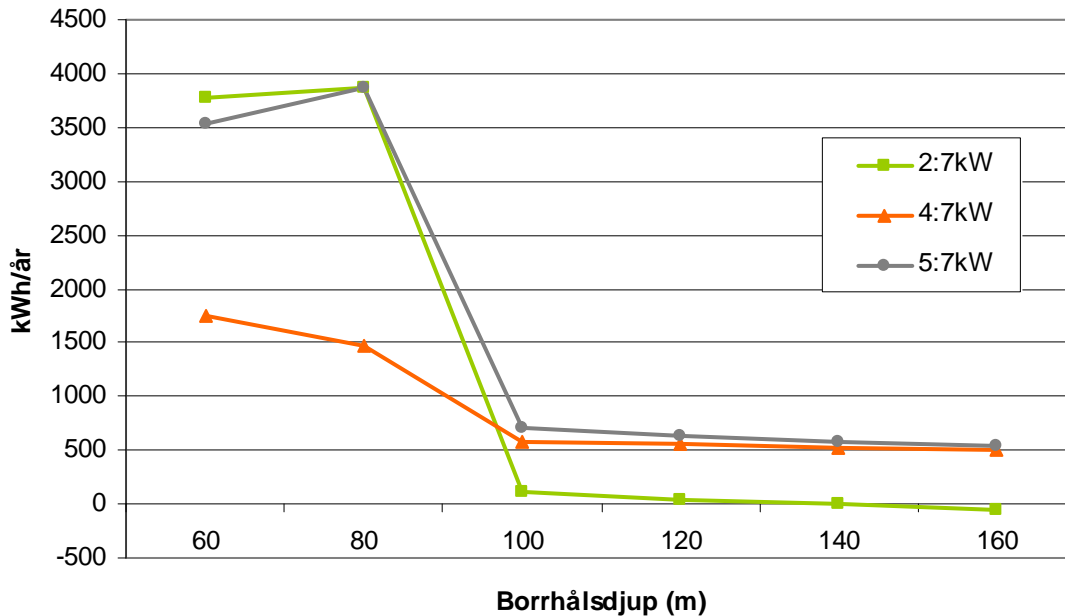
Årsvärmefaktor (SPF)



Figur 29. Årsvärmefaktorn för system utan solvärme (1:7kW), solvärme till återladdning (2:7kW), solvärme till tappvarmvatten (4:7kW), solvärme till tappvarmvatten under mars-oktober samt till värmepump och borrhål under november till februari (5:7kW) för referenssystemet med 10 m² solfångare, 7 kW värmepump och 29 400 kWh/år värmebehov inkl tappvarmvatten. Simulering med TRNSYS.

Resultat visar att om borrhålet är tillräckligt djupt och ostört från eventuellt omgivande borrhål, så räcker den naturliga återladdningen från borrhålets omgivande mark. Nerladdad solvärme ger bättre driftsvillkor under sommaren men i ett konventionellt villasystem är värmebehovet så pass mycket större under vintern, så sammanlagt ger nerladdning ringa nytta/besparing eftersom det även används el till cirkulationspumparna. Det kan till och med vara så att det går åt mer el i system med återladdning med solvärme, se figur 30.

Elbesparing med solvärme

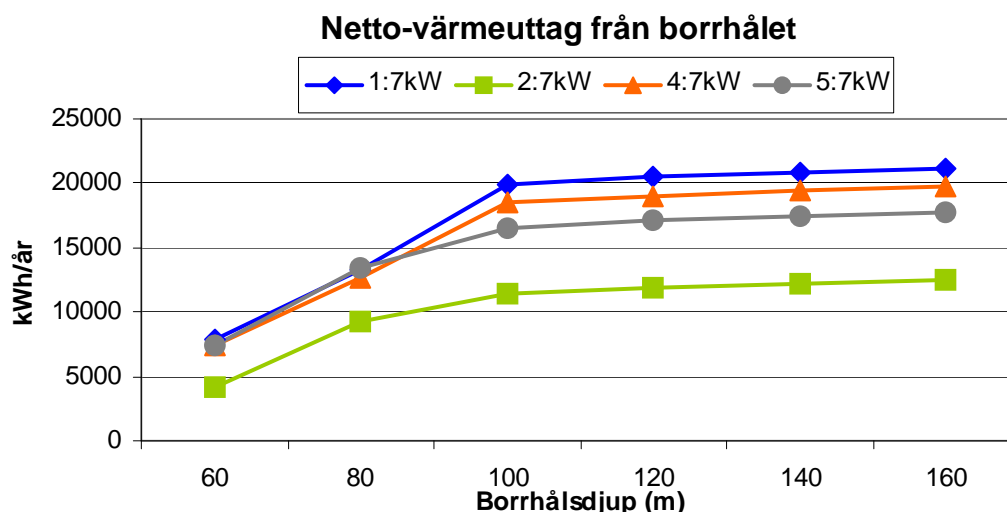


Figur 30. Elbesparingen för system med solfångare jämfört med system utan solfångare: solvärme till återladdning (2:7kW), solvärme till tappvarmvatten (4:7kW), solvärme till tappvarmvatten under mars-oktober samt till värmepump och borrhål under november till februari (5:7kW) för referenssystemet med 10 m² solfångare, 7 kW värmepump och 29 400 kWh/år värmebehov inkl tappvarmvatten. Simulering med TRNSYS.

Men om borrhålet av någon anledning blivit underdimensionerat, då ger återladdning med solvärme stor nytta. Det kan finnas olika anledningar till att borrhålsdjupet kan ha blivit för kort, t.ex. kan grundvattennivån ha sjunkit, värmebehovet i byggnaden ökat eller värmepumpen ha blivit utbytt till en effektivare. Dessutom kan den naturliga återladdningen begränsas av att grannar har borrhått och använder markvärme. Är borrhålet kraftigt underdimensionerat ger återladdning med all solvärme över året den största elbesparingen. Vid måttligare underdimensionering, erhålls den största elbesparingen genom att använda solvärme direkt till tappvarmvatten under större delen av året och endast till återladdning under de kallaste månaderna.

Alla system är specifika och generella slutsatser ska användas med detta i åtanke. I de simulerade systemen erhålls den största nyttan med solvärme i det kombinerade systemet. Här används solvärmen direkt i byggnaden så länge solens strålar kan värma upp till de höga temperaturer som krävs för direkt användning. Under november – februari är det som lägst instrålning i kombination med att det är som kallast, och då kan solvärmen fortfarande ge bidrag i de låga temperaturnivåer som det är i borrhål och förångare. Nyttan eller elbesparingen är beroende på hur stor andel tillskottselse som används och stor del som kan ersättas, men även på vilken energimängd per meter borrhål som hämtas ur marken och på hela systemets design.

Vid grannpåverkan av närliggande borrhål så kan den naturliga återladdningen ersättas med solvärme, se figur 31. Detta innebär att det skulle gå att borra tätare än vad man gör idag om man återladdar borrhålet med solvärme.



Figur 31. Nettovärmeuttaget från borrhålet för system utan solvärme (1:7kW), solvärme till återladdning (2:7kW), solvärme till tappvarmvatten (4:7kW), solvärme till tappvarmvatten under mars-oktober samt till värmepump och borrhål under november till februari (5:7kW) för referenssystemet med 10 m² solfångare, 7 kW värmepump och 29 400 kWh/år värmebehov inkl tappvarmvatten. Simulering med TRNSYS.

Rekommendationer

I system med solfångare och bergvärmepump med varmvattenberedare är systemen kopplade till samma förbrukning vilket innebär att solvärmens endast ersätter elanvändningen till kompressorn i värmepumpen. Jämfört med separata system ger solvärmens en lägre elbesparing men andra mervärden kan räknas in, t.ex. att värmepumpen inte behöver användas under sommaren och är därmed tyst. Livslängden kan också förlängas något.

Jämfört med övriga värmepumpssystem så kan solvärme också användas för att ladda borrhålet, vilket kan vara till god nytta om borrhålsdjupet av någon anledning blivit underdimensionerat. Beroende på hur systemet fungerar så kan laddning med solvärme vara till mycket stor nytta. Det gäller även vid tätt placerade markvärmepumpar där borrhålen inte kan återladdas naturligt. Återladdning med solvärme medför att det går att borra tätare jämfört med utan återladdning.

3.7 Ytjordvärmepump

I system med ytjordvärmepumpar kan solvärme användas direkt i byggnaden som i ett bergvärmesystem men inte till återladdning, dvs att solvärme kan användas till

tappvarmvatten och ev uppvärmning, men ersätter då endast eldelen i värmepumpen. Besparingen blir då jämförlig med ett bergvärmesystem, där inte solvärme laddar borrhålet.

3.8 Jämförelse mellan olika system

Systemen är olika och inte direkta jämförbara. Nedan ges dock en sammanfattning av de villasystem som redovisats i tidigare avsnitt. Eftersom besparingen är beroende av värmebehovet ska siffrorna relateras till förutsättningarna för respektive simulering.

Tabell 2. Översikt av resultaten från simuleringarna med olika system i villor med olika värmebehov. Besparingen är beroende av värmebehovet för uppvärmning resp tappvarmvatten.

Villasystem (kWh/år)	Luft/luft VP alt sep. vv	Luft/vatten VP med vv	FVP med vv	FTX separat vv	Berg VP med vv	Jord/ sjö VP med vv
Besparing med solvärme	1500-3000	600-1000	700-1000	1600-1900	500-4000	500- 1000
Besparing med VP och solvärme	8000- 16000 (värme- behov högt)	9000-11000	9000 -	5000 -	10000- 23000	10000- 23000

En viktig aspekt är skillnaden mellan befintliga byggnader och nyproducerade. Dagens nya byggnader har betydligt högre krav på effektiv energianvändning än äldre byggnader och framtidens byggnader kommer troligen att ha ännu högre krav jämfört med dagens byggnader. Besparingen i en energieffektiv byggnad är mindre i absoluta tal men i relativa tal kan det vara mycket.

4 Andra byggnader

I byggnader med hög andel varmvatten som hotell, sjukhus, industrier och simhallar kan en större besparing fås med ett solvärmesystem jämfört med i ett bostadshus. Det finns anläggningar med extremt hög varmvattenförbrukning under sommaren som t.ex. campinganläggningar, vandrarhem och badanläggningar och här finns de bästa förutsättningarna för användning av solvärme. Dessa anläggningar har inte simulerats i denna studie men eftersom olika nivåer på tappvarmvatten har undersökts så kan resultaten i stort sett även överföras på andra specifika byggnader.

5 Andra mervärden

I denna studie har främst elbesparingen med solfångare i olika värmepumpssystem undersökts men solvärmens kan även ge fler mervärden. Genom att värmepumpen avlastas under sommaren minskar drifttiden för värmepumpen och därmed ökar livslängden.

Speciellt för uteluftsvärmepumpar så medför solvärmens att värmepumparna inte förorsakar så mycket störande buller under sommaren när man vistas utomhus i större grad. Detta kan vara betydelsefullt i villakvarter eller i bymiljöer.

Solvärme ersätter ju el som används till värmepumpen och räknas denna el som primäre energi så blir resultatet för användning av solvärme förbättrat. I kommande regler för byggnaders energianvändning kommer el att räknas upp med en faktor och all sparad el kommer att bli mer betydelsefull. Solvärme sparar el i dessa system och ska de hårdare kraven på noll-energihus uppfyllas så kan solenergi vara den mest betydelsefulla möjligheten att minska den tillförsel av energi som behövs till tappvarmvattenuppvärmning.

Till sist så kan solvärme ladda underdimensionerade borrhål i kombination med markvärmepump alternativt kan tätare borrhål tillåtas i t.ex. radhusområden.

6 Slutsatser och diskussion

Solvärme används mest effektivt till uppvärmning av tappvarmvatten eftersom solinstrålningen är som högst när uppvärmningsbehovet i byggnader är som lägst, medan tappvarmvattenbehovet är relativt jämnt fördelat under året. Därför erhålls den största energibesparingen med solvärme i kombination med värmepumpar, i systemen där värmepumpar inte används till att värma tappvarmvatten utan endast till byggnadsuppvärmning. I dessa byggnader med separata system, kan ett solvärt tappvarmvattensystem spara ca 50% av uppvärmningen för tappvarmvatten, dvs upp till 2000 kWh/år, för en normal villa.

I de genomförda simuleringarna visas att storleken av elbesparingen med hjälp av solvärme i ett separat system beror på uppvärmningsbehovet och kan t.ex. för Stockholmsklimat variera mellan 1400-2000 kWh/år för 6 m² plana solfångare upp till 1700-3000 kWh/år för 12 m² plana solfångare. Uppvärmningsbehovet för tappvarmvattnet varierades från 1800 till 4600 kWh/år. Instrålningsförhållandena spelar givetvis också stor betydelse och alla simuleringarna har utförts vid bästa vinkel mot solen och solfångarna placerade mot söder. I de använda klimatfilerna i Polysun erhålls endast en mindre skillnad i besparing i jämförelse mellan Malmö, Stockholm och Luleå.

Värmepumpar som normalt inte är anslutna till tappvarmvattnet är luft/luftvärmepumpar men även ventilationssystem med värmeväxling för från- och tilluft, FTX (som inkluderas i denna studie). Det finns också luft/vattenvärmepumpar, frånluftsvärmepumpar resp markvärmepumpar med separat varmvattenberedning. I alla dessa system ersätter solvärme inte någon värme från värmepumpen utan besparingen gäller det bränsle eller den el som används för uppvärmning av

tappvarmvattnet. Eftersom värmepumpen inte är inkopplad i samma system så ersätter solvärmen mest bränsle eller el i dessa separat system.

För luft/luft värmepumpar har besparingen för värmepumparna hämtats från Energimyndighetens tester och till dessa har besparingen från solfångarsystemet adderats. Eftersom värmebehovet ökar med sjunkande medeltemperatur så ökar även besparingen för uppvärmning av både tappvarmvatten och byggnad från ca 8000 kWh/år för ett relativt energieffektivt hus i Malmö till ca 16000 kWh/år för ett hus i Luleå med relativt normalt värmebehov.

I separata system med solvärme och FTX-ventilation har simulering gjorts med Vip+ och resultatet av besparingen med solvärme och FTX är ca 5500 kWh/år i en byggnad med uppvärmningsbehov 16500 kWh/år samt tappvarmvattenbehov 3900 kWh/år i Stockholm.

I kombisystemen där både värmepump och solvärme används till tappvarmvatten och uppvärmning av byggnad ersätter solvärmen ca 1/3-del av energitillförseln jämfört med system utan värmepump. Dessa system är luft/vatten värmepump, frånluftsvärmepump samt berg- och ytjordvärmepumpar, i system där alla värmepumparna inkluderar tappvarmvattenberedning.

I genomförda simuleringar med Polysun visas att besparingen med solvärme i ett luft/vatten värmepumpsystem är mellan 600-1000 kWh/år för ett relativt energieffektivt hus i Stockholm med varmvattenbehovet 4300 kWh/år. Vid lägre varmvattenbehov (3400 kWh/år) sjunker besparingen något. Olika regionala skillnader i besparingen är inte så stora och simuleringar har utförts för Malmö, Stockholm och Östersund. Besparingen med luft/vatten värmepump och solvärme är för ovanstående hus i Stockholm ca 10000 kWh/år.

Simuleringarna med frånluftsvärmepump har gjorts med Vip+ och besparingen med solvärme varierar mellan 400-800 kWh/år beroende på olika varmvattenbehov och solfångararea 6 m² upp till 700-1200 kWh/år vid större solfångararea. Givetvis beror besparingen också på storleken på värmepumpen och besparingen blir större för en lägre värmepumpseffekt jämfört med en större. I simuleringen med Vip+ erhöles besparingen runt 9000 kWh/år i en byggnad med uppvärmningsbehovet 15000 kWh/år och tappvarmvattenbehovet 3900 kWh/år i ett Stockholmsklimat.

Till sist finns i bergvärmsystem den speciella möjligheten att använda solvärme till att ladda borrhålet. Detta bör främst utnyttjas när borrhålet har blivit underdimensionerat eller att det finns grannpåverkan från närliggande borrhål. Besparingen kan i dessa system bli betydande om solvärmen minskar behovet av tillskottsel, när värmepumpens effekt inte räcker till under vintern. En annan fördel kan vara att det är möjligt att borra tätare i områden med små tomter om energiuttaget balanseras med återladdad solvärme. I de redovisade simuleringarna med TRNSYS visas att ca hälften av nettouttaget av värme från borrhålet kan ersättas med nerladdad solvärme men också att vid nerladdning av solvärme i väldimensionerade borrhålsdjup så kan pumpenergin för nerladdningen överstiga nyttan av den nerladdade solvärmen. I bergvärmsystem där solvärme endast används till tappvarmvatten så visas i referensfallet i simuleringen en besparing på drygt 500 kWh/år.

Vid jämförelse mellan de simulerade resultaten måste hänsyn tas till att olika simuleringsprogram använts såväl som att simulering av så pass komplexa system som kombinationer av värmepumpar, solfångare och uppvärmningsbehov inte kan avspegla verkligheten korrekt utan förenklingar måste göras. Uppvärmningsbehovet beror på byggnaden och klimat men även på användarna med vanor och krav på inomhusklimat och användning av tappvarmvatten.

I takt med att byggnadsbeståndet blir mer energieffektivt ökar betydelsen av solvärme genom att tappvarmvattnet står för en större andel av värmebehovet. Solvärme ersätter elanvändning i kombination med värmepumpar och ger också ett mervärde i form av egenproducerad förnybar energi, som många villaägare kan tänkas satsa på. Ju högre elpriset stiger desto mer kostnadseffektiv blir en solvärmearläggning och en tänkbar utveckling är också en byggnadslagsstiftning som inkluderar en omräkningsfaktor där elanvändningen räknas med en hög faktor. För att i Sverige uppnå en energieffektivisering med 20% enligt de nationella miljö kvalitetsmålen, så kan användning av solvärme i bostäder ge ett viktigt bidrag.

7 Referenser

Energianvändning och livscykelkostnad för ventilations- och uppvärmningssystem i småhus. Richard Torssell. Rapport TVIT - 05/5004, Installationsteknik, LTH, Lund 2005.

Energieffektiviserande åtgärder i trähus. S. Olof Hägerstedt, Examensarbete TVBH 5056, Byggnadsfysik, LTH, Lund 2007 (finns att ladda ner på: <http://www.byfy.lth.se/Publikationer/5000.htm>)

Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2008. Energimyndigheten och SCB. ES 2009:10

Mätning av kall- och varmvattenanvändning i 44 hushåll. Energimyndigheten. 2009. ER 2009:26

Solar Collectors Combined with Ground-Source Heat Pump in Dwellings, Elisabeth Kjellsson, TVBH-1018, Building Physics LTH (finns att ladda ner på: <http://www.byfy.lth.se/Publikationer/1000.htm>)

SP och Svensk Solenergi 2009 – personliga kontakter

SVEP 2008 – personliga kontakter

Värmepumpar, Energimyndighetens sammanställning av värmepumpar för småhus. ET 2006:25. Tilltryck Juni 2007

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Tester/Testresultat/>