

# Utformande av solvärme- system för Skanskas olika typhus

Delrapport 1

*Andreas Fieber*

---

Energi och ByggnadsDesign  
Institutionen för Byggnade och Arkitektur  
Lunds Tekniska Högskola  
Lunds Universitet, 2004  
Rapport EBD-R--04/5



## Lunds universitet

Lunds universitet, med åtta fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 402 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö. Lunds universitet grundades 1666 och har idag totalt 5 616 anställda och 38 000 studerande som deltar i ca 85 utbildningsprogram och ca 1 100 kurser erbjudna av 89 institutioner.

## Institutionen för byggande och arkitektur

Institutionen för byggande och arkitektur ingår i Lunds tekniska högskola, LTH, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds universitet. Vid *institutionen för byggande och arkitektur* bedrivs forskning och utbildning inriktad på den byggda miljön. Forskning och utbildning omfattar områden såsom bebyggelsevärd, förvaltning, projektering, byggande, energihushållning, klimatisering och utformning av system för ventilation och uppvärmning samt rivning och återbruk i både svenskt och internationellt perspektiv. Samverkan mellan aktörer med olika kompetenser vid förändringar i den byggda miljön utgör ett särskilt väsentligt forsknings- och utbildningsområde.

Arbetet vid institutionen bedrivs inom ämnesområdena bebyggelsevärd, byggnadsekonomi, bostads- och boendeutveckling, energi och byggnadsdesign, fastighetsekonomi samt projekteringsmetodik.

## Avdelningen för energi och byggnadsdesign

Energi och ByggnadsDesign arbetar med byggnaden som ett system. Med utgångspunkt från helheten är syftet att utforma energieffektiva och ekologiska byggnader med hög termisk och visuell komfort i samverkan med installationssystem.

Forskningen behandlar i huvudsak energianvändning, passivt och aktivt solutnyttjande, dagsljus och solskydd i byggnader samt byggnadsintegrering av solvärme- och solesystem. Brukarnas inverkan och krav på bl a termisk och visuell komfort ingår som en viktig del.

Verksamheten omfattar utveckling av beräkningsmetoder, simuleringar och analyser samt mätningar av prestanda avseende komponenter, rum och hela byggnader vilket medger validering av teoretiska modeller. Avdelningen medverkar även i utveckling av demonstrationsbyggnader samt utformar informationsskrifter och riktlinjer.

# Utformande av solvärmesystem för Skanskas olika typhus

Delrapport 1

Andreas Fieber

© copyright Institutionen för ByggnadsDesign, avdelningen för Energi och ByggnadsDesign, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2004.  
Layout: Hans Follin, LTH, Lund

Tryck av KFS AB, Lund 2004

Rapport nr EBD-R--04/5

Utformande av solvärmesystem för Skanskas olika typhus. Delrapport 1  
Institutionen för ByggnadsDesign, Lunds tekniska högskola, Lund

ISSN 1651-8128

ISBN 91-85147-04-4

Lunds tekniska högskola  
Energi och ByggnadsDesign  
Box 118  
221 00 LUND

Telephone: +46 46 - 222 73 52  
Telefax: +46 46 - 222 47 19  
E-mail: [ebd@ebd.lth.se](mailto:ebd@ebd.lth.se)  
Hemsida: [www.ebd.lth.se](http://www.ebd.lth.se)

# Innehåll

<b>Innehåll</b>	3
<b>1 Bakgrund och målsättning</b>	5
<b>2 Genomförande och metod</b>	7
2.1 Urval av lämpliga objekt	7
2.2 Analys av objekten	8
2.3 Modellering av energiförbrukning	9
2.4 Förutsättningar för solvärme	10
2.5 Förslag till solfångarsystem	10
2.6 Energibesparing med solvärme	10
2.7 Kostnadsanalys	11
<b>3 Bärnstenen</b>	13
3.1 Beskrivning	13
3.1.1 Geometri	13
3.1.2 Rumslig organisation	14
3.1.3 Fasad	15
3.1.3 Konstruktion och material	15
3.1.4 Värmesystem	15
3.2 Energianalys	15
3.3 Förutsättningar för solvärme	18
3.4 Förslag till solfångare	19
3.5 Sparad primärenergi med solvärme	22
3.5.1 Resultat, Polysun	22
3.5.1.1 Takintegrerade plana solfångare	22
3.5.1.2 Fasadintegrerade vakuumsolfångare	22
3.5.2 Resultat, Winsun villa	22
3.5.2.1 Takintegrerade plana solfångare	23
3.5.2.2 Fasadintegrerade vakuumsolfångare	23
3.6 Kostnadsanalys	24
3.6.1 Investeringskostnad	24
3.6.2 Bidrag	24
3.6.3 Avdrag för inbesparade byggkomponenter	25
3.6.4 Beräkning för kombisystem med plana solfångare	25
3.6.5 Beräkning för varmvattensystem med plana solfångare	26
3.6.6 Beräkning för varmvattensystem med vakuumsolfångare	26

<b>4</b>	<b>BoKlok</b>	27
4.1	Beskrivning	27
4.1.1	Geometri	27
4.1.2	Rumslig organisation	28
4.1.3	Fasad	28
4.1.4	Konstruktion och material	29
4.1.5	Värmesystem	29
4.2	Energianalys	29
4.3	Förutsättningar för solvärme	31
4.3.1	Orientering	31
4.4	Förslag till solfångare	32
4.4.1	Älmhult	33
4.4.2	Helsingborg	34
4.4.3	Användning av förrådsbyggnaderna för solvärme	35
4.4.4	Decentraliserad solvärme	38
4.5	Sparad primärenergi med solvärme och ekonomisk analys	38
<b>5</b>	<b>Diskussion och slutsatser</b>	39
	<b>Referenser</b>	41

# 1 Bakgrund och målsättning

Om marknaden för solvärmesystem skall växa som förväntat krävs att solvärmesystem kan erbjudas i de typhus som marknadens större aktörer erbjuder. Idag erbjuder inga av de stora typhustillverkarna och bostadsbyggarna solvärmesystem. I solvärmeprogrammets strategidokument skrivs bl. a. följande: "Något komplett villasystem för hela värme- och tappvarmvattenbehovet, där solvärme ingår som en del, saknas." Detta bidrar till svårigheten att få större acceptans för tekniken. Bristen på kompletta och kostnadseffektiva system på marknaden innebär att de stora aktörerna får svårigheter att ta in solvärmesystem i sitt produktsortiment.

Målsättningen med projektet är att utforma solvärmesystem anpassade för ett par av de hustyper som saluföres av Skanska med syftet att påvisa så god kostnadseffektivitet att systemen blir kommersiellt intressanta. En sekundär målsättning är att denna delrapport skall redovisa en lämplig arbetsgång för liknande projekt, som belyser samtliga aspekter som bör tas hänsyn till under processen att byggnadsintegrera solvärme. Denna delrapport utgör grund till den fortsättningsdel som i detalj utformar och analyserar de alternativ som bedöms ha störst utsikt att implementeras, för ett slutgiltigt beslutsunderlag.





## 2 Genomförande och metod

### 2.1 Urval av lämpliga objekt

För största möjliga bredd utformas solvärmesystem för två olika typer av bostäder; villor och flerfamiljshus.

Två hustyper har valts ut:

*Villa:* Bärnstenen; sammankopplade enfamiljshus, byggs i Bunkeflostrand, Malmö. Medelprisnivå med relativt hög prefabriceringsgrad.



*Flerbostadshus.* BoKlok; IKEA- och Skanska-projekt. Hus om sex lägenheter i grupper om tre till fem hus med lågpriskoncept och hög prefabriceringsgrad. Hustypen finns i två utföranden: *Älmhult* och *Hel-singborg*.



*foto:*  
*BoKlok*

## 2.2 Analys av objekten

Byggnaderna studeras och presenteras utifrån de kriterier som är väsentliga för ställningstagande om solvärme; utformning, rumslig organisation, fasadmateriell, konstruktion och värmesystem.

*Utformningen* och orienteringen av byggnaden är väsentliga för solfångarnas omfattning och effektivitet avseende tillgänglig skuggfri yta, lutningsvinkel och azimut.

Den *rumsliga organisationen* identifieras för att undersöka lämplig placering av system för kortast möjliga rördragningar mellan solfångare, ackumulatortank och tappställen. Potentiellt utrymme för ackumulatortank är också avgörande.

*Fasadens* uttryck är väsentligt för ett ställningstagande om en estetiskt tillfredsställande byggnadsintegrering.

*Konstruktionen* kan innebära begränsningar för den byggtkniska integreringen av främst solfångarna.

*Värmesystemets* utformning och energikälla är en väsentlig faktor för val av kompletterande solvärmesystem. För de bostäder som placeras i områden med befintlig eller framtida fjärrvärme kan solvärme vara svår att motivera, då uppkoppling mot solvärme innebär en betydande investering, som inte lämnar stort utrymme för ytterligare investeringsintensiva kompletterande system. Vidare har solvärmen en karaktär av strävan mot självförsörjning, som går stick i stäv mot fjärrvärmeteknikens stordriftsfördelar. I områden med gas- eller eventuell elförsörjning är det däremot mer aktuellt med solvärme, då ett bidrag från förnyelsebar energi minskar beroendet av fossilbränsle eller högvärdig elektricitet. Både gas och el är lämpligt att kombinera med solvärme. För byggnader med golvvärme som Bärnstenen är solvärme mer attraktivt avseende bidrag till rumsuppvärmning, då golvvärmesystem liksom solvärmesystem generellt arbetar bäst vid låga temperaturer. BoKloks radiatorer däremot är mindre lämpade, samtidigt som rumsuppvärmningen här är låg i förhållande till varmvattenenergiförbrukningen. Därför kan det här vara av större intresse att koncentrera sig på att först och främst tillfredsställa varmvattenbehovet med solvärme.

## 2.3 Modellering av energiförbrukning

För att kunna analysera konsekvensen av ett byggnadsintegrerat solvärme-system och göra en lämplig dimensionering av detta krävs insikt i byggnadens energiförbrukning i befintligt skick.

Energiförbrukning för de befintliga objekten har analyserats under projekteringen med beräkningsprogrammet E-norm 1000 (Svensk Byggtjänst 1999), en stationär beräkningsmodell som simulerar byggnadens energibehov och jämför detta med en likvärdig referensbyggnad för att utvisa om BBR:s krav på energiförbrukning tillgodoses. E-norm 1000 tar på ett förenklat sätt hänsyn till instrålning och ingen hänsyn till byggnadens ackumulerande förmåga, och tenderar att redovisa något låga förbrukningstal.

För att få en mer noggrann bild av vad byggnaden som system konsumerar i energi, görs en modellering där hänsyn tas till klimatförutsättningar, konstruktion och passivt solutnyttjande. Även ventilation och gratislaster som värme alstrad av de boende samt hushållsapparater tas med i kalkylen. Modelleringen görs med det dynamiska modelleringsverktyget DEROB-LTH (Kvist 1999), som tar hänsyn till alla dessa faktorer.

DEROB-LTH beräknar operativ temperatur i huset och den energi som krävs för att hålla en viss temperatur. Hänsyn tas till yttertemperatur, solinstrålning, internlaster, tillgänglig värme- och kyleffekt samt de ingående byggnadsmaterialens förmåga att fördröja konduktion och att lagra värme. Modelleringen sker enligt flera steg:

- Angivande av klimatfil för den aktuella platsen som anger timvärden för yttertemperatur och solinstrålning.
- Uppbyggande av bibliotek med för byggnaden ingående byggnadsmaterial, byggnadselement, dvs. beskrivning av sektioner genom grund, väggar, bjälklag och tak, samt fönster.
- Definiering av byggnadens geometri; ytor anges som omsluter i volymer. Dessa ytor tillskrivs en av ovanstående definierade byggnadselement, som i sin tur byggs upp av i materialbiblioteket definierade material. Luftutbytet mellan dessa volymer anges separat.
- Upprättande av scheman för internlaster, ventilation, uppvärmning och kylning. Detta kan göras separat för varje volym, och för olika delar av året. Dessutom kan dygnet delas upp på flera perioder, så att man kan beskriva en relativt varierad dygnsrytm för brukarnas beteenden. Laster som bör tas hänsyn till är hushållsapparater, spillvärme från varmvattensystem och människor. Detta är givetvis svårt att förutsäga, samtidigt som antagandena har en inte obetydlig verkan på

slutresultatet. Därför finns behov av en standard. Denna ambition har funnits i ett arbete utfört på avd för Energi och byggnadsdesign på LTH i ett europeiskt samverkansprojekt för lågenergibostadshus, Task 28 (Smeds och Wall 2001). Dessa värden har använts som parameterar i DEROB-modelleringen.

Det värme- och eventuella kylbehov som på detta sätt beräknas är det som behöver tillföras rummet, och innefattar inte omvandlingsförluster (t ex pannförluster) i husets centrala värmeanläggning.

## 2.4 Förutsättningar för solvärme

En diskussion kring de möjligheter och begränsningar som finns för solvärmeintegrering diskuteras ur såväl ett energi- som ett arkitektoniskt perspektiv.

Byggnadens geometri och placering, liksom det befintliga värmesystemet, medför vissa naturliga begränsningar för solvärmesystemet. Orienteringen och taklutningen utgör väsentliga parametrar för solfångarens prestanda. Byggnadens utformning i övrigt kan medföra skuggningsproblem, liksom tätheten i gruppbebyggelse och förekomsten av träd.

## 2.5 Förslag till solfångarsystem

Utifrån de främst geometriska förutsättningarna tas förslag fram på lämpliga solfångare som kan passa in i byggnaden. Olika förslag presenteras beroende på exempelvis grad av exponering. Vissa förslag ter sig som betydligt mer realistiska än andra, men för att ge en så heltäckande bild som möjligt av de möjligheter som erbjuds, exkluderas inte varianter som inte är optimala ur energi- eller kostnadssynpunkt ur presentationen. Däremot blir inte alla lösningar föremål för analys.

## 2.6 Energibesparing med solvärme

Via modellering med datorverktyg som Polysun och Winsun Villa, görs simuleringar på föreslagna solfångarsystems prestanda. Optimeringar av solfångaryta och tankvolym ingår i analysen.

Simuleringar med schweiziska datorprogrammet Polysun 3.3 (Solar Energy Laboratory 2000), visar på hur mycket köpt energi som kan sparas med aktuellt system. Programmet har en databas med solfångare för främst den tyskspråkiga marknaden, där Viessmanns sortiment ingår. Indata som vidare behövs för en korrekt simulering är:

- Geografisk placering (Malmö, Sverige: lat 55,60°, long -13,00°), utifrån vilken Polysun använder Meteonorm-genererade klimatdata
- Systemutformning (varmvatten- eller kombisystem, tankstorlek et c)
- Solfångarens area, riktning och lutning (se Förslag till solfångare...)
- Typ av hus (vid kombisystem, fördefinierade eller möjlighet till data-input via *Helios*, ett enklare, statiskt byggnadsmodelleringsprogram)
- Egenskaper för tank, värmeväxling, tillskottsvärme et c

Polysun ger en mängd utdata. Först listas den sammanlagda strålningen, uppdelad på global (direkt + diffus) strålning, och diffus strålning, mot aktuell yta. Solfångarens prestanda vid olika arbetstemperaturer, i tiogradensintervall listas på års- eller månadsbasis. En energibalans för solfångarsystemets olika komponenter och för byggnaden som helhet redovisas sammanfattat över året, samt separerat månadsvis.

Winsun Villa (Perers och Bales, 2002) är en Transed-applikation till programmet Transys, ett dynamiskt simuleringsprogram där hela energisystemet beräknas, utvecklat av Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin. Programmet räknar på ett kombisystem med en förenklad husmodell, där uppvärmningsbehovet anges som en multipel av faktorn 250 W/K. Denna multipel justeras tills en värmelastprofil som, så långt det går, överensstämmer med den framräknade värmeförbrukningen från DEROB-LTH. Gränssnittet är något mer primitivt än Polysuns. För att beräkna ett rent varmvattensystem sätts uppvärmningslasten till noll, och för att få fram årsutbytet från systemet jämförs erforderlig tillförd energi med ett fall där solfångarytan sätts till noll.

## 2.7 Kostnadsanalys

Utmärkande för solvärme som energikälla är dess höga investeringskostnad, liksom dess marginella löpande kostnad.

Ett viktigt motiv för att byggnadsintegrera solvärmetekniken är det rent ekonomiska. Genom att utnyttja solfångaren som ett byggtekniskt element, kan delar av klimatskalet ersättas av solfångaren, och således bör

kostnaden för detta material kunna dras av från investeringskostnaden för solvärmesystemet, vid jämförelse med en konventionell värmekälla, som inte kan bidra till klimatskalets uppbyggnad.

Emellertid är byggandekontot och energikontot två olika poster, som sällan är förenliga. Hårdraget är risken då att solvärmesystemet kommer att ses separat som dels en ovanligt dyr taktäckning av byggaren, och dels som en dyr energikälla av brukaren. Modeller för mer direkta samband mellan investeringskostnad och löpande kostnad för drift och underhåll efterlyses. Så är även fallet inom byggbranschen i stort, där man med korta avskrivningstider generellt fokuserar på investeringskostnaden, som då tenderar att pressas, på bekostnad av kvalitet, vilket i sin tur leder till höga drifts- och underhållskostnader, som i slutänden alltid är den större posten av de båda. Dilemmat gäller givetvis också för andra energibesparande åtgärder som kan göras under byggnadsskedet, som ofta innebär en merkostnad initialt.

För att kunna göra en reell analys av solvärmesystemets kostnad förutsätter vi emellertid att ovanstående samband är gällande. Kostnaden för solenergin blir således investeringskostnaden för systemet minus kostnaden för det material och medföljande arbete som ersätts i klimatskalet. Boverket ger bidrag för byggnadsinstallerade solvärmesystem, som kan dras av från investeringskostnaden. Detta förutsätter att systemet uppfyller bestämda kvalitetskrav. P-märkning enligt SP kvalificerar. Storleken på bidraget är beroende av energiutbytet och har ett tak (Boverket 2003). Delar vi denna summa med den köpta energi som systemet sparar in, får vi ett pris per årligt insparad kWh.

Den slutliga energikostnaden beräknas slutligen enligt en enkel annuitetsmodell, där en avskrivningstid på 15 år med en amortering om 7 % /år och en genomsnittlig ränta på 6 %, ger en annuitetsfaktor på 0.1.

Denna modell avser att endast ge en fingervisning om storleksordning på investering och energipris. De börvärden och beräkningsmodeller som skall ligga till grund för ett ställningstagande om implementering sätts av Skanska i nästa etapp av projektet.

## 3 Bärnstenen

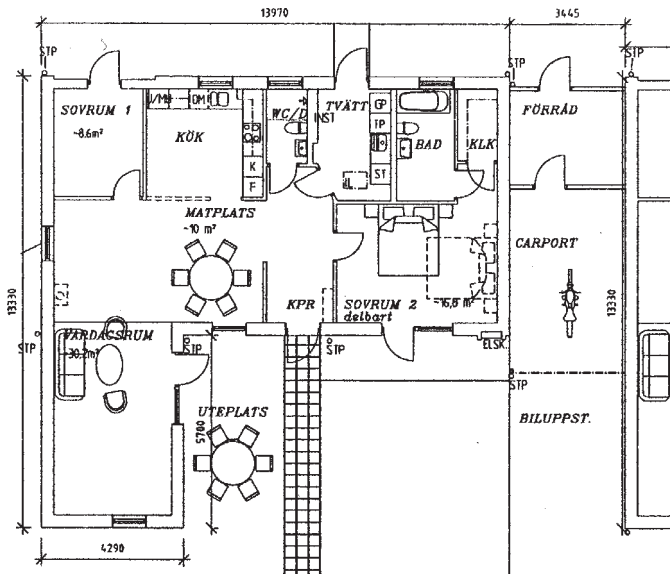
Bärnstenen är en nyutvecklad hustyp som byggs för första gången i och med projektet Fjärilsbyn. Detta område är beläget i Bunkeflostrand i Malmös sydvästra utkant, söder om Öresundsbrons anslutning, yttre ringvägen. Arkitekt är Ingar Nilsson, Ska arkitekter (Skanskas eget arkitektkontor).

### 3.1 Beskrivning

#### 3.1.1 Geometri

Bärnstenen är ett enfamiljshus i ett plan på 111 m<sup>2</sup>. Huset är byggt i vinkel med en huvudkropp, 7.6 m djup och 14 m bred, samt en flygel innehållande vardagsrum, 4.3 m djup och 5.7 m bred. Denna har en lägre rumshöjd, 2.5 m mot huvudkroppens relativt höga 2.6 m. Tanken bakom detta är att husen, som vetter med sin baksida mot en gata, skall ha möjligheten att delvis kunna nyttjas som lokal för annat än boendeändamål, t ex kontor eller tjänsteverksamhet. Till byggnaden hör ett kallförråd på 9 m<sup>2</sup> mot huvudkroppens fria gavel (motsatt sida från flygeln)





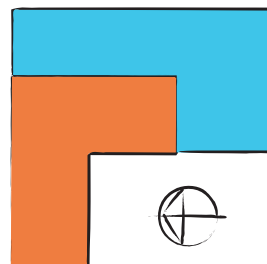
Bärnstenen, planritning, Ska Arkitekter

som sammanbinder huset med det intilliggande. Huset är tätt grupperade med 3.4 meters lucka, och huvudkropparna är i Fjärilsbyn grupperade i nord-sydlig riktning. Ett 3 m djupt förråd länkar husen till en sammanhängande bebyggelse.

Huset är försett med ett sadeltak med lutningen 22°. Detta är något för lågt för att lämpa sig särskilt bra för takintegrerad solvärme. Därför är väggplacerade, vertikala solfångare inte uteslutna alternativ som bör beaktas. Detta ökar komplexiteten, då en vertikal solfångares optimala riktning inte nödvändigtvis är rakt söderut, då en lågt stående sol utnyttjas bättre.

### 3.1.2 Rumslig organisation

Huset är planmässigt uppdelat på två vinklar, se fig. till höger. Den ena innehåller offentliga utrymmen som vardagsrum och hall, och består av den utstickande mindre byggnadskroppen och nordvästra delen av huvudkroppen. Den andra vinkeln består mer privata och installationstäta rum som sovrum, bad, tvätt och kök. Alla våtinstallationer är samlade i denna del. Det stora sovrummet i det sydvästra hörnet kan





i en alternativ plan delas upp i två mindre sovrum, vilket också påverkar utformning av badrum, tvättstuga och klädkammare. En korridor som inte finns i originalutförandet bildas då.

### 3.1.3 Fasad

Ytterväggarna är klädda med tegel. Taket är klätt med betongpannor.

### 3.1.3 Konstruktion och material

Ytterväggarna är uppbyggda med traditionell träregelkonstruktion med mellanliggande isolering.

### 3.1.4 Värmesystem

Området är anslutet till gasnätet. En gaspanna, placerad i tvättstugan, försör hushållet med varmvatten och rumsvärme via ett vattenburet golvvärmesystem. Detta är sektionerat med hänsyn till planlösningen, där varje sektion styrs av rumsgivare.

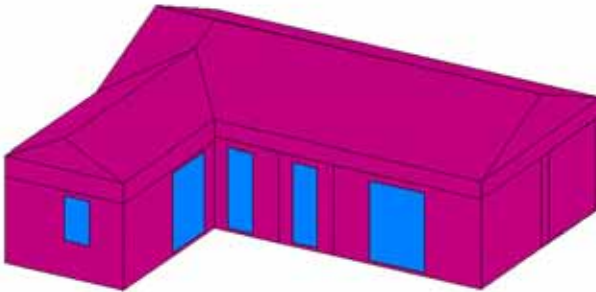
## 3.2 Energianalys

Nedan redovisas de värden för värmeenergiförbrukning som räknats fram av Skanska Teknik med E-norm 1000 under projekteringen av Bärnstenen.

	<b>Uppv.</b>	<b>Med DHW</b>	<b>Tillförd energi</b>
jan	1881	2224	2522
feb	1413	1723	1987
mar	868	1211	1485
apr	176	507	737
maj	0	343	527
jun	0	331	510
jul	0	343	527
aug	0	343	527
sep	0	331	510
okt	227	569	805
nov	806	1138	1392
dec	1284	1627	1903
<b>Summa</b>	<b>6655 kWh</b>	<b>10690 kWh</b>	<b>13432 kWh</b>
	17	28	35 kWh/m <sup>2</sup>

De högre värdena för tillförd energi tar hänsyn till förluster i panna, tank et c.

För att få en mer tillförlitlig bild av Bärnstenens energiförbrukning görs en modellering av huset även i det dynamiska energisimuleringsprogrammet DEROB-LTH (Kvist 1999). En grafisk DEROB-representation av modellen syns i fig. nedan. Resultatet av simuleringen i tabellen nedan.

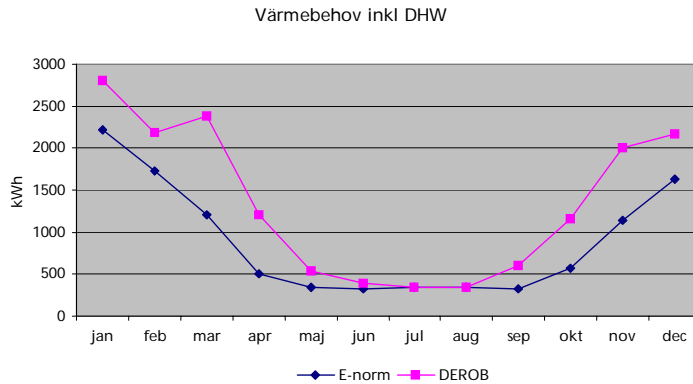


jan	2458
feb	1872
mar	2030
apr	878
maj	194
jun	62
jul	0
aug	0
sep	274
okt	809
nov	1666
dec	1832
	<b>12075 kWh</b>

Jämförelse mellan E-norm och DEROB-resultat.

Vi kan konstatera en betydande skillnad i uppvärmningsbehov för de olika beräkningsmodellerna. E-norms resultat, med ett uppvärmningsbehov på 60 kWh/m<sup>2</sup>, kan tyckas något lågt, liksom DEROB redovisning på ca 100 kWh/ m<sup>2</sup>, med stor sannolikhet siktar för högt. En noggrannare jämförelse mellan modellerna och indata är nödvändig för att

utreda skillnaden. Emellertid är inte uppvärmningslastens kvantitet det primära för dimensioneringen av solvärmesystemet, som främst nyttjas till att tillfredsställa så stor del av varmvattenbehovet som möjligt.



### Kommentar

Värmebehovet beräknas på månadsbasis, och varierar från ca 2500 kWh i januari till 0 i juli. Månatlig medelförbrukning ligger på knappt 1100 kWh, som äger rum runt april och oktober. Total energiförbrukning är 12 075 kWh, vilket ger en medeleffekt på 1,4 kW. (att jämföra med medelsolinstrålningen på 0,11 kW/ m<sup>2</sup>) Detta visar på orimligheten att dimensionera solfångarsystemet efter uppvärmningsbehovet, eftersom ovanstående beräkning med en 40-procentig verkningsgrad i teorin skulle ge en solfångaryta på 32 m<sup>2</sup> för att täcka årsbehovet. Detta kräver dock att all instrålning kan tillgodogöras, och kan lagras fullständigt över året, vilket är om inte tekniskt så ekonomiskt orimligt.

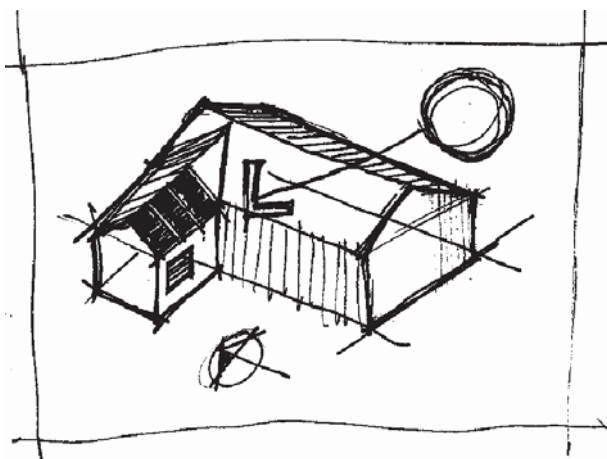
Erfarenhet visar att dimensioneringen av ett solfångarsystem för tappvarmvatten bör utgå ifrån att i första hand sommartid täcka varmvattenbehovet som är relativt konstant över året.

### 3.3 Förutsättningar för solvärme

För Bärnstenen kan ett kombisystem för såväl tappvarmvatten som rumsuppvärmning vara aktuellt, då golvvärmens låga arbetstemperatur lämpar sig väl för solvärme. Det gäller då att finna en lämplig utformning så att systemet verkar optimalt tillsammans med den främst förekommande gaspannan.

Då solvärmens delvis förväntas bidra till rumsuppvärmning ligger en utmaning i att hitta rätt dimensionering. Eftersom solvärmertilgången är som lägst när uppvärmningsbehovet är som störst och vice versa, gäller det att hitta rätt avvägning och dimensionera och orientera solfångarytan så att den kan bidra så lång tid som möjligt till rumsuppvärmningen. Ett sätt att uppnå detta kan vara att arbeta med vertikalt placerade solfångare, som presterar bäst vid lägre solvinklar och tar ner topparna mitt på dagen sommartid.

Bärnstenen har som nämnt tydligast förutsättningar för byggnadsintegrerad solvärme, dels på grund av orienteringen i rak nord-sydlig riktning och dels på grund av golvvärmesystemet. Men även generellt ger utformningen goda möjligheter för något av taken att ligga rätt orienterat. I fallet med Fjärilsbyn ligger den lilla vinkelbyggnadens ena tak rakt mot söder. Rent arkitektoniskt är solfångare på den minsta takytan lämpligt, då det finns en möjlighet att täcka hela eller åtminstone större delen av takytan med solfångare så att uttrycket inte blir så splittrat på en relativt liten byggnad. Att kröna resten av utbyggnaden med plåt kan vara ett sätt att få solfångarna att smälta in bättre samtidigt som utbyggnaden visuellt i högre grad blir en egen del av huset. Solfångaren ges därmed en ökad styrka som arkitektoniskt ordnande element.



I figuren visas också en alternativ placering med vakuumsolfångare placerade vertikalt i en fri väggyta rakt mot söder. Utbytet kommer att studeras ingående för båda fallen. Intressant att studera för den väggplacerade solfångaren är huruvida en rak söderorientering är till men för utbytet, liksom huruvida skuggning från huvudbyggnaden morgontid inverkar negativt. Vägglacerade solfångare av vakuumsolfångertyp har vidare större förutsättningar att på ett positivt sätt bidra till att ge husen en "grön" image, där tekniken för värmeinsamlade tydliggörs och exponeras i högre grad än med en takintegrerad lösning. En reflektion kring takets arkitektoniska karaktär som ett skyddande hölje och väggens mer kommunikativa karaktär talar också för att prova på väggalternativet.

Placeringen är dock inte problemfri i fallet Bärnstenen, eftersom den inkräktar på det uterum som bildas i innerhörnet. Detta kan dels leda till skuggning av solfångarna av exempelvis sittmöbler under systemets "hög-säsong", men troligare är att man undviker detta, och i så fall kommer den disponibla ytan av uteplatsen att bli mindre. En personlig reflektion är dock att västfasaden är mer attraktiv för möblering med tanke på kvällsolen. Sydsidan är nog mer aktuell för solande, som har en kort säsong och är av en högst tillfällig karaktär.

### 3.4 Förslag till solfångare

Som utgångspunkt för vidare byggteknisk, ekonomisk och energimässig analys utformas två förslag efter uteslutande arkitektoniska och estetiska hänsyn. Faktorer som varit styrande är

- Tillgång till södervända tak- eller väggytor
- Uttryck; undvikande av splittrade ytor enligt "låda på taket-modell" för konventionella solfångare
- Mått på befintliga system och mått på de studerade husen

För Bärnstenen har solfångarprodukter från tyska tillverkaren Viessmann studerats, dels med tanke på att deras produkter redan finns i husen i form av gaspanna och varmvattenberedare, och dels för att måtten på deras solfångare visade sig väl passa in i husets mått. Vidare har Viessmann ett brett sortiment av kvalificerade system med både plana solfångare och vakuumsolfångare.

Takintegrerad plan solfångare i vinkelutbyggnadens södervända takhalva (ersätter takpannor)

Orientering: 180 grader (rakt söderut)

Lutning: 22 grader

Area: Tillgång  $2,5 \times 5,7 = 14 \text{ m}^2$

Viessmann Vitosol 100 s2.5, en solfångare med arean  $2,5 \text{ m}^2$  har höjdmättet 2,385 m, vilket skulle täcka så gott som hela höjden av taket på 2,5 m. Bredden är 1,138 m, då får man ganska så exakt i  $5,7/1,14 = 5$  stycken solfångare. Detta ger en yta på  $5 \times 2,5 = 12,5 \text{ m}^2$

Ett svenskt och billigare alternativ är Aquasol Big 13.0, med höjden 2,32 m och bredden 5,71 m. Absorbatorytan är här  $13 \text{ m}^2$ .



*Fotomontage med takintegrerad plan solfångare typ Vitosol 100*

Väggintegrerad vakuumrörsolfångare i vinkelutbyggnadens södervända fasad

*Gestaltande idé:* Det glasade dörr- och fönsterpartiet i vinkelbyggnadens södervägg förlängs visuellt med de stående solfångarna, som ersätter fasadteglet, ut mot ytterhörnet. Således skapas en hel "solvägg", som tillgodoser såväl dagsljus som passiv och aktiv solvärme. Indraget med en helstens tjocklek från ytterhörnet förstärker husets murade uttryck.

Orientering: 180 grader (rakt söderut)

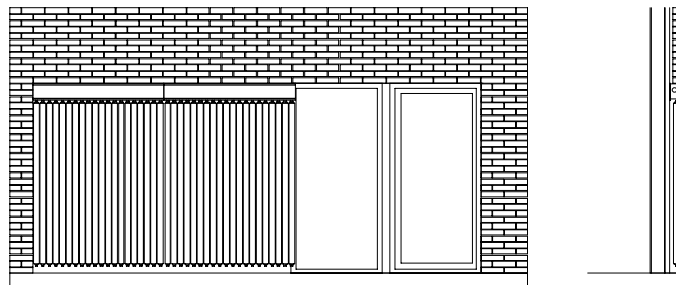
Lutning: 90 grader (vertikalt)

Area: Maximal tillgänglig väggyta enligt förslagsskiss:  $2,86 \times 2,1 = 6,0 \text{ m}^2$ .

*Solfångare.* Viessmann Vitosol 200 D20 med 2 m<sup>2</sup> absorberyta och 2,96 m<sup>2</sup> täckningsyta har breddmättet 1,45 m, vilket skulle innebära att två sådana solfångare exakt skulle gå in på denna bredd. På höjden finns en marginal på 76 mm.



*Fotomontage med väggintegrerad vakuumrörsolfångare typ Vitosol 200*



*Elevationer av Bärnstenens sydvägg med två Vitodsol 200*

## 3.5 Sparad primärenergi med solvärme

### 3.5.1 Resultat, Polysun

#### 3.5.1.1 Takintegrerade plana solfångare

Utifrån den tillgängliga ytan på 12,5 m<sup>2</sup> görs två systemförslag. Ett för tappvarmvatten och bidrag till uppvärmningen, och ett för enbart tappvarmvatten.

Kombisystemet förutsätts utnyttja hela den tillgängliga solfångarytan. Genom körningar i polysun ges att tankstorleken behöver vara minst 900 liter. Detta ger följande prestanda:

Totalt solenergitillskott blir **2930 kWh/år**, eller **234 kWh/m<sup>2</sup>** solfångaryta.

För tappvarmvattensystemet utgår vi ifrån en solfångaryta på 5 m<sup>2</sup>, dvs två solfångarmoduler av typen Vitosol 100. Ytan kräver en tankvolym på 200 l, dvs 80 l mer än den befintliga 120 liters Vitocell W100.

Totalt solenergitillskott blir här **1520 kWh/år**, eller ca **304 kWh/m<sup>2</sup>**.

#### 3.5.1.2 Fasadintegrerade vakuumsolfångare

För den begränsade tillgängliga ytan på fasaden, samt den mindre gynnsamma lutningen (90°) bedöms enbart en ren tappvarmvattenanläggning vara realistisk.

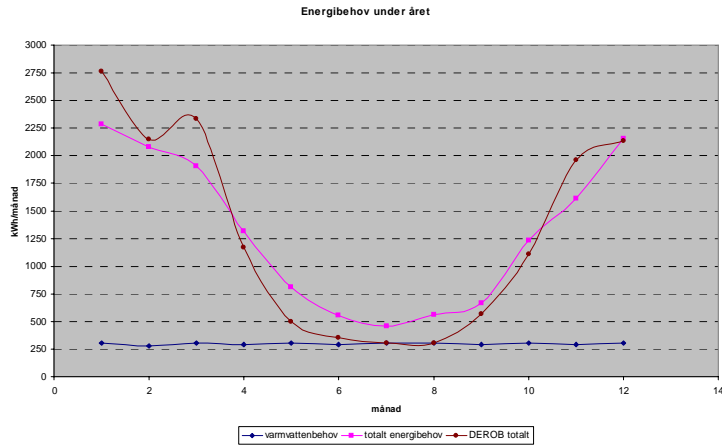
Solvärmesystemet bidrar med **1640 kWh/år**, eller ca **410 kWh/m<sup>2</sup>** absorberaryta, alternativt ca **273 kWh/m<sup>2</sup>** täckande solfångaryta.

### 3.5.2 Resultat, Winsun villa

I Winsun villa görs en enklare kalkyl för husets uppvärmningsbehov. Denna modell tar inte hänsyn till värmeackumulering i termisk massa i husets stomme, och ger således en lite annorlunda årsprofil för uppvärmningsbehovet jämfört med DEROB-LTH. Profilen tenderar att ge en högre förbrukning sommartid och en något lägre förbrukning vintertid, för samma totala årsförbrukning, enligt fig. nedan.

Detta torde göra beräkningarna något för gynnsamma, då solvärmesystemets sommarproduktion nyttjas effektivare om det då finns en större last att tillfredsställa.





### 3.5.2.1 Takintegrerade plana solfångare

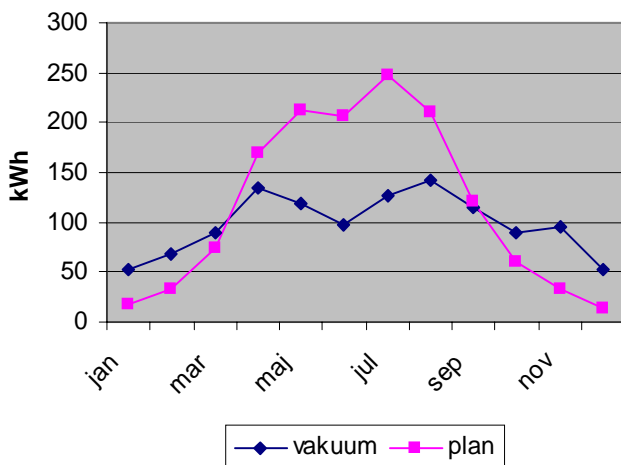
Årsutbytet för ett kombisystem, 12.5 m<sup>2</sup> med en 900-liters tank överensstämmer väl med resultatet i Polysun: **2912 kWh**, eller **233 kWh/m<sup>2</sup>**.

Årsutbytet för ett tappvarmvattensystem, 5 m<sup>2</sup> med en 200-liters tank understiger emellertid kraftigt resultatet i Polysun: **1160 kWh**, eller **ca 230 kWh/m<sup>2</sup>**.

### 3.5.2.2 Fasadintegrerade vakuumsolfångare

I Winsunsimuleringen fås också för vakuumsolfångare ett betydligt lägre resultat än i Polysun, **976 kWh/år**, eller **455 kWh/m<sup>2</sup>**, absorberaryta, eller **ca 300 kWh/m<sup>2</sup>**, solfångaryta.

Här är det emellertid intressant att jämföra fördelningen över året mellan plana solfångare på låglutande tak och fasadintegrerade vakuumsolfångare. De sistnämnda torde jämna ut utbytet mellan sommar- och vår/höst-perioden, eftersom de drar mer nytta av ett lägre solstånd. Dessutom reflekterar de bort en större mängd under sommaren, då de ändå riskerar att överproducera. Nedanstående diagram visar på årsfördelningen för leverans från solfångare till tank i ett tappvarmvattensystem för tak- respektive fasadalternativet, enligt beräkningarna i Winsun:



Det framgår tydligt att den väggplacerade lösningen representerar en betydligt jämnare fördelning över året, vilket gör den mer intressant för en konstant varmvattenlast, alternativt högre utnyttjande även för rumsvärme under vår och höst. Detta måste naturligtvis vägas mot det generellt lägre utbytet som en vertikal placering ger, liksom prisbilden för vakuumsrör.

## 3.6 Kostnadsanalys

### 3.6.1 Investeringskostnad

Bruttoprisuppgifter från Viessmann värmeteknik redovisas under respektive systemlösning nedan. Dessa ligger ovanligt högt jämfört med de flesta system på den svenska marknaden, men i en mer detaljerad analys av Skanska Teknik i delrapport 2 kan mer rimliga priser bli aktuella.

### 3.6.2 Bidrag

Detta är beroende av systemets energiproduktion, med 2.50 kr/kWh,år, dock maximalt 7 500 kr för ett enfamiljshus.

### 3.6.3 Avdrag för inbesparade byggkomponenter

I fallet med takintegrerade plana solfångare är den insparade materialkostnaden följande:

$$\begin{aligned} \text{Takpannor: } & 12,5 \text{ m}^2 \text{ á } 55 \text{ kr} = \text{ca } 700 \text{ kr} \\ & 5 \text{ m á } 55 \text{ kr} = 275 \text{ kr} \end{aligned}$$

I fallet med väggintegrerade vakuumrörsolfångare är den insparade materialkostnaden följande:

$$\text{Fasadtegel: } 6 \text{ m}^2 \text{ á } 225 \text{ kr} = 1350 \text{ kr}$$

En merkostnad följer dock för en tegelbalk med större spännvidd:

$375 \text{ kr/m} * 4.8 \text{ m} = 1800 \text{ kr}$ . Här äts alltså besparingen av fasadytan upp av balken, ett intressant fenomen som sällan berörs i retoriken kring byggnadsintegrerad solenergi. Denna slutsats gör, tillsammans med prisläget för vakuumolfångare, fasadalternativet till ett än mer svärmotiverat alternativ.

### 3.6.4 Beräkning för kombisystem med plana solfångare

Ett kombisystem med Vitosol 100 - 12, 5 m<sup>2</sup>. Regler, pumpstation, fyllning, ledning från tak till tank. Arbetstank Vitocell 333 med elpatronuttag, dubbla slingor. Ca pris 65-75.000:- exkl moms och arbete.

Den varmvattenberedare som finns idag, Vitocell W100, CGU120, kostar ca 8000 kr, och denna kostnad kan dras av från investeringen i solvärmesystemet, då den blir överflödigt. Värmeutbytet uppgår här till ca 2930 kWh, vilket skulle berättiga till ett bidrag på  $2930 * 2,50 = 7325$  kr, dvs grovt räknat uppnå maximalt bidrag.

Med inbesparad materialkostnad kan avdrag från investeringskostnaden uppgå till ca 8000 kr. Detta ger en kostnad på ca  $62\ 000 / 2930 = 21 \text{ kr/kWh,år}$ , vs  $2,10 \text{ kr/kWh}$

Alternativet Big 13.0 från Aquasol med en 750 l tank kostar ca 40 000 kr exkl arbete. Bidraget skulle också här uppnå taket på 7500 kr.  $24000 / 3000 = 8 \text{ kr/kWh,år}$ , dvs  $0,80 \text{ kr/kWh}$  enligt annuitetsmodellen.

### 3.6.5 Beräkning för varmvattensystem med plana solfångare

Vitosol 100 - 5 m<sup>2</sup> enbart varmvattenberedning. Reglerutrustning, pumpstation, fyllning, ledningar från tak till vvb. Beredare 300 liter med dubbla slingor, en för solkrets och en för gaspanna. Ca pris 35-40.000.- netto exkl moms och arbete. Värmeutbytet uppgår här till ca 1520 kWh, vilket skulle berättiga till ett bidrag på  $1520 * 2,50 = 3800$ kr.

Med inbesparad materialkostnad kan avdrag från investeringskostnaden uppgå till ca 4000 kr. Detta ger en kostnad på ca  $32\ 000 / 1520 = 21$  kr/kWh,år, vs 2,10 kr/kWh

Ett alternativ, Aquasol Big 4,1, kostar ca 25 000 kr. Avdrag enligt ovan ger en energikostnad på ca 1 kr.

### 3.6.6 Beräkning för varmvattensystem med vakuumsolfångare

Vitosol 200 - 6m<sup>2</sup> varmvatten och delvis värme. Regler, pumpstation, fyllning, ledning från tak till tank. Arbetstank Vitocell 333 med elpatronuttag, dubbla slingor etc enligt ovan. Ca pris 75-85.000:- netto exkl moms. och arbete.

Värmeutbytet uppgår här till maximalt 1640 kWh, vilket skulle berättiga till ett bidrag på  $1640 * 2,50 = 4100$ kr. Detta ger en kostnad på ca  $72\ 000 / 1640 = 44$  kr/kWh,år, dvs. 4,40 kr/kWh

## 4 BoKlok

Med BoKlok har Skanska och IKEA gått ihop om att med utgångspunkt från presumtiva kunders önskemål och behov utforma ett attraktivt boende med så låg kostnad som möjligt. Detta uppnår man främst med trimmade mått, en struktur som sparar in på såväl källare, hiss som trapphus, samt en hög prefabriceringsgrad.

BoKlok-husen byggs i grupp om tre till sju flerfamiljshus med sex lägenheter vardera. Förrådsutrymme och installationer förläggs i separata byggnader på gården.

Arkitekt är Gun Ahlström, Ahlström Arkitektkontor AB.



*Foto: BoKlok*

### 4.1 Beskrivning

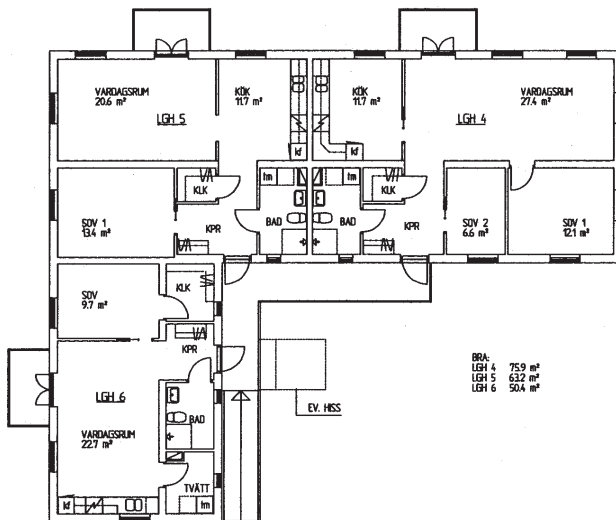
#### 4.1.1 Geometri

BoKlok-husen består av ett flerfamiljshus i vinkel på två plan, som kröns antingen av ett pulpettak (modell Helsingborg) eller sadeltak (modell Älmhult). Husdjupet är 7.5 m (huvudkroppen) resp. 6 m (flygeln). Läng-

den är 20 resp. 9 m. De identiska våningsplanen rymmer tre lägenheter vardera; två trerummare på 75,9 resp. 63,2 m<sup>2</sup> i huvudkroppen och en tvårummare på 50,4 m<sup>2</sup> i flygeln. Byggnaden har inget trapphus, utan är försedd med en utanpåliggande trappa med loftgång i innerhörnet. Eventuell framtida hiss är tänkt att placeras ute i anslutning till tvårummarens entré.

#### 4.1.2 Rumslig organisation

Lägenheterna har sina entréer orienterade mot byggnadens innerhörn. Innanför detta är huvudsakligen mindre servande rum som entréhall, badrum och klädskåp. Runt dessa ligger vistelsezoner som vardagsrum, kök och sovrum. Ut från vardagsrummen längs utsidan går uteplatser och balkonger. Då husen byggs i grupper om tre till sex hus vänds ofta innerhörnen mot varandra för att skapa gårdsrum – ibland också med hjälp av de en våning höga förrådsbyggnaderna.



Plan övervåning, BoKlok, Ahlström Arkitektbyrå AB

#### 4.1.3 Fasad

Ytterväggarna är i Helsingborgmodellen putsade, och i Älmhultmodellen klädda med stående träpanel. Pulpettaket på Helsingborg är klätt med takpapp och Älmhults sadeltak har betongpannor.

#### 4.1.4 Konstruktion och material

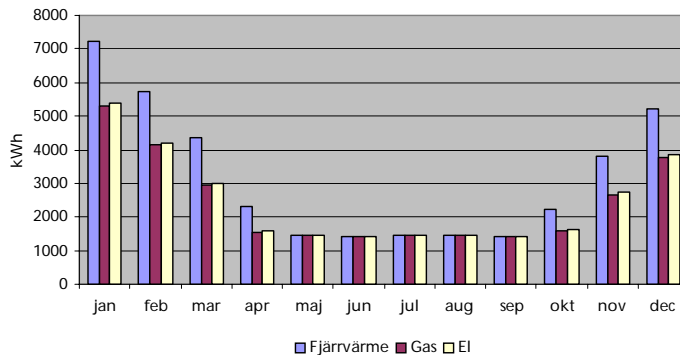
Ytterväggarna är uppbyggda med traditionell träregelkonstruktion med mellanliggande isolering.

#### 4.1.5 Värmesystem

Lägenheterna förses med värme och tappvarmvatten i ett fyrrörssystem via ett för området centralt pannrum i en av förrädsbyggnaderna med gas- eller elpanna eller fjärrvärmeväxling beroende på vad som finns att tillgå i området.

## 4.2 Energianalys

BoKlok är ett bra exempel på ett lägsta pris-tänkande som utan att energiförsörjningen är det primära fått positiva återverkningar även här. Att lägga trappan utomhus och med loftgångar undvika ett uppvärmt trapphus, liksom förrädsutrymme och tvättstugor, minimeras den uppvärmda volymen. Att överhuvudtaget trimma bostadsmåtten ger förstås också en lägre uppvärmningskostnad. Energiberäkningar utförda för ett hus i E-Norm visar också på relativt låg energiförbrukning för BoKlok, ca 80 kWh/m<sup>2</sup>a för uppvärmning och varmvatten. Resultatet varierar för olika energikällor, beroende på systemförluster, från 29 och 29,5 MWh för gas resp. el, till 38 MWh för fjärrvärme.



*BoKlok, 6 lgh, 383 m<sup>2</sup>, energiförbrukning enligt E-norm*

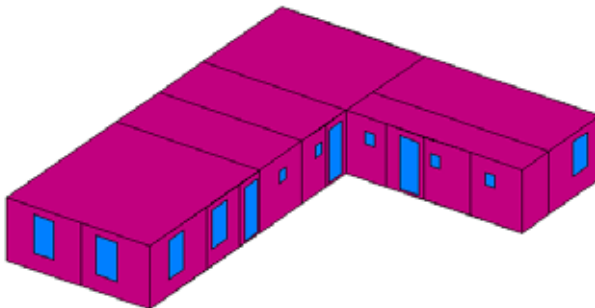
Beräknad energiåtgång för tappvarmvatten under sommarmånaderna, ca 1400 kWh/månad, stämmer relativt väl överens med de nyckeltal som finns för varmvattenförbrukning, t ex (Andrén 1999):

Lägenhetsstorlek	VV-åtgång (kWh/år)	För ett BoKlokhus
2 RoK (60 m <sup>2</sup> )	2000	2×2000
3 RoK (80 m <sup>2</sup> )	2500	4×2500
4 RoK (100 m <sup>2</sup> )	3300	-
<b>Totalt:</b>		14 000 kWh/år

Vad gäller uppvärmningsenergin tenderar dock E-norm att presentera glädjekalkyler. Därför görs en DEROB-simulering även för BoKlok. Modellen görs av en våning, och värdena dubblas för att studera hela byggnaden.

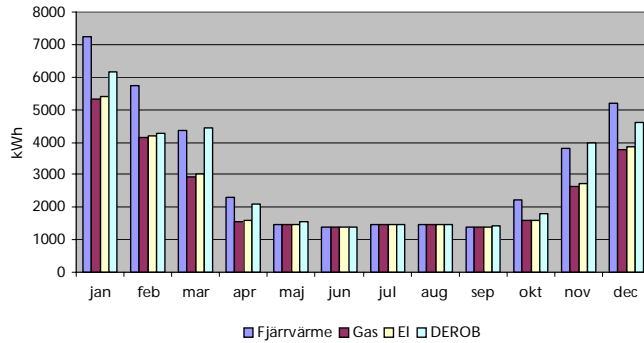
Uppvärmningsbehovet från DEROB fördelar sig över året enligt tabell nedan:

jan	4710
feb	2970
mar	2994
apr	676
maj	110
jun	0
jul	0
aug	0
sep	20
okt	366
nov	2570
dec	3142
Summa:	<b>17558 kWh</b>





Med samma varmvattenlast som i E-norm-modellen, men utan hänsyn tagen till vald energikälla och följande förluster, jämförs värdena med E-norms:



E-norm fjärrv	37987 kWh
E-norm gas	29073 kWh
E-norm el	29488 kWh
DEROB	34586 kWh

## 4.3 Förutsättningar för solvärme

### 4.3.1 Orientering

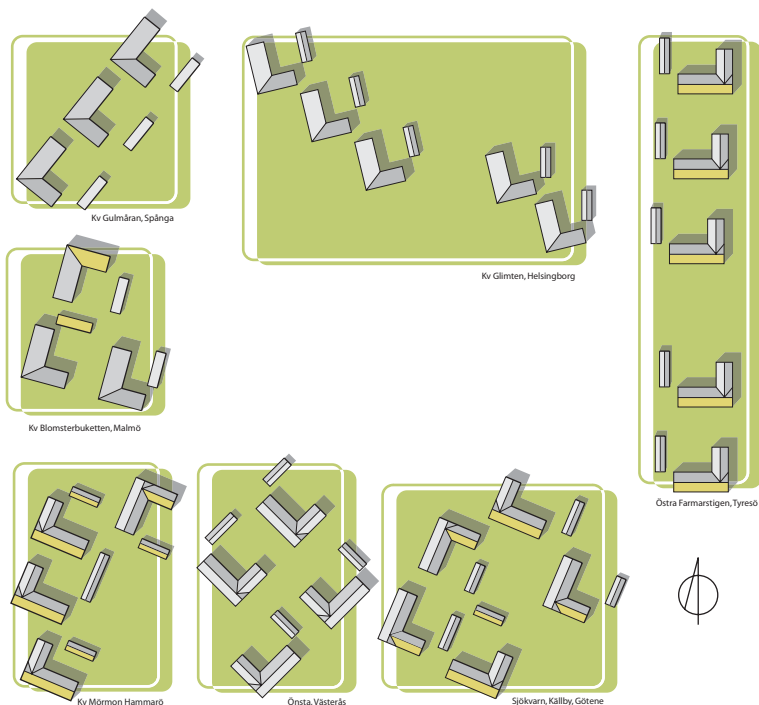
Studier av ett flertal utförda BoKlok-områden visar att det inte finns någon egentlig strategi för orienteringen av husen. En naturlig föredragen orientering oavsett hänsyn till solvärme torde vara att rikta innerhörnet mot norr och ytterhörnet mot söder, såsom är fallet i exempelvis Önsta, Västerås. Då riktas merparten av vistelserummen som kök, vardagsrum och sovrum mot söder samt väster eller öster för kvälls- respektive morgonsol.

Med en förskjutning av denna riktning så att en av flyglarna ligger mindre än 30 grader från ett rent söderläge, skulle en takplacerad solfångaranläggning vara möjlig. I de sju referensområden som studerats uppfyller endast Sjöckvarn i Götene, Kv Mörmon i Hammarö och Östra Farmarstigen i Tyresö dessa kriterier. Bland dessa har Tyresöhusen bäst förutsättningar, där varje hus har ett stort tak som är rakt riktat mot

söder. De andra två områdena har både små och stora tak i en riktning som avviker ungefär 20 grader från söder (dragning mot väster), vilket inte är optimalt men ändå acceptabelt.

Figuren nedan illustrerar variationen i orientering för de olika områdena. Gul färg indikerar de mest lämpade takytorna för solfångarintegration.

För BoKlok-områden utan fjärrvärme framstår ett enklare varmvattensystem som ett mer attraktivt alternativ. Dimensioneringsarbetet blir då enklare i och med att varmvattenenergiförbrukningen är betydligt jämnare fördelad över året, jämfört med rumsuppvärmningsbehovet.



#### 4.4 Förslag till solfångare

Eftersom flera BoKlok-områden har olika orientering för bostadshusen är det svårt att dra definitiva riktlinjer för hur solfångare bör integreras i husen. Vidare kan det diskuteras huruvida solfångarna bör integreras di-

rekt i husen eller på de separata förrädsbyggnader som redan idag innehåller central värmedistribuering, antingen med fjärrvärmewäxling eller med gaspanna.

Vad som talar för bostadshusintegreringen, bortsett från att detta var föremålet för studien från början, är dels kortare distribution och därmed mindre förluster, samt tanken att energiförsörjningen är synlig direkt i den energikonsumerande bostadens gestaltning. Detta förutsätter naturligtvis att värmen kan dras direkt från solfångarna till hushållen, dvs att hela systemet är integrerat i bostadshuset. Vidare är en placering på de högre bostadshusen mindre skuggningskänsligt.

Vad som talar för förrädsbyggnaderna är dels att försörjningen sker därifrån redan idag, och dels att förrädsbyggnadernas placering och orientering torde vara mer flexibel än bostadshusens. I BoKloks hårt pressade planlösningar och högt prefabricerade byggsystem kan det bli komplicerat att integrera hela solvärmesystem med tillhörande ackumulatortankar och rördragningar. Ifall det skulle finnas ett motstånd mot att exponera solfångare i bostadshusens tak eller väggar, torde detta vara mindre för förrädsbyggnaderna. Detta talar för att integrering i förråden är mer rationell, om än kanske mindre tilltalande. För att tillgodose behoven bör dock Älmhultkonceptets sadeltak på förrädsbyggnaderna omgestaltas till samma pulpettak som på Helsingborgmodellens. En brantare takvinkel vore också önskvärd.

I och med att studien främst har ett arkitektoniskt perspektiv och en integrering i förrädsbyggnaderna inte är någon större utmaning arkitektoniskt, utsluts ändå inte en placering i bostadshusen. Med hänsyn till de två modellerna Helsingborg och Älmhult väljs liksom för Bärnstenen två olika strategier; dels en takintegrerad lösning och dels en väggintegrerad. I Älmhult, som har ett traditionellt uttryck med sadeltak och träpanel i fasaden känns inte någon djärvare exponering aktuell. Här väljer vi att göra en diskret integrering av plana solfångare i taket. I Helsingborgshuset med sin funkisinspirerade utformning med pappklätt pulpettak och putsad fasad, skulle en djärvare exponering kunna tålas. Här föreslås en väggintegrerad vakuumsolfångare.

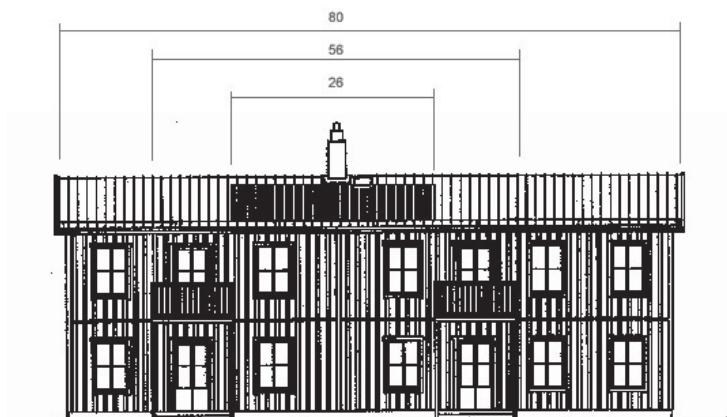
#### 4.4.1 Älmhult

Enligt de föreliggande situationsplanerna, redovisade i fig. 10, är det i fallet Älmhult vanligast förekommande med ytterhörnets långa tak mot en gynnsam söderriktning. Detta ger i bästa fall en tillgänglig solfångaryta på ca  $20 \times 4 = 80 \text{ m}^2$  per hus, vilket för tappvarmvattenbehov är överflödigt. I alla redovisade områden ligger detta tak mot byggnadens

yterhörn, med köken under sig. Rödragningar mot badrum skulle emellertid bli korta, då allt ligger samlat kring samma vägg. En koncentring av solfångarytan över denna vägg, ungefär mitt på taket, är att föredra.

Vid fasadstudier ter det sig mest naturligt att begränsa solfångarytan till det "neutrala" området mellan balkongerna enligt fig. nedan. Detta skulle ge en maximal solfångaryta på ca  $6,5 \times 4 = 26 \text{ m}^2$ . Alternativt kan en större yta tänkas om man tillåter sig att gå ut mot balkongernas ytterkanter. Detta ger en yta på ca  $14 \times 4 = 56 \text{ m}^2$ .

I vissa fall är ett enstaka hus riktat så att ett tak över sidoflygeln är i gynnsam riktning. Detta tak erbjuder en maximal yta på ca  $8,5 \times 3,5 = 30 \text{ m}^2$ . Mest gynnsamt är fallet i Kv Mörmon, Hammarö, där detta mindre tak ligger mot innerhörnet, dvs. rakt över bad, tvätt och diskho.



#### 4.4.2 Helsingborg

För Helsingborg prövas en lösning med väggintegrerade vakuumrör-solfångare. I de projekt som studerats har kv. Blomsterbuketten i Malmö och kv. Glimten i Helsingborg sina kortsidor i ytterhörnen vända mot den mest gynnsamma riktningen. Genom att placera solfångarna i ett fält mellan fönstren som är placerade på varsin sida om den lägenhets-skiljande väggen mellan huvudkropp och flygel, är de relativt lätt tillgängliga för samtliga huvudkroppens fyra lägenheters tappvarmvatten. Mellan dessa fönster kan man med lite god vilja få in två Vitosol 300 per våningsplan, som i Bärnstenen-förslaget. Detta ger en yta på sammanlagt  $12 \text{ m}^2$ .



Ett mer lekfullt försök att utöka ytan för väggintegrerade vakuumsör visas nedan, där ytan fördubblas till 24 m<sup>2</sup>:



#### 4.4.3 Användning av förrådsbyggnaderna för solvärme

Som framgår av exemplen ovan blir det svårt att tillfredsställa hela ytbehovet med integrering direkt i bostadshusens tak eller ytterväggar. Dessutom ligger värmecentralerna redan i förrådsbyggnaderna, som dessutom torde vara mer flexibla avseende orientering.

Förrådsbyggnaden finns också i två utföranden, följande Helsingborg/Älmhult-koncepten: Helsingborgsförråden har ett pulpettak med lutningen 10°, och Älmhult ett sadeltak med lutningen 22°.

Solvärmen kräver största möjliga södervända yta på förrådstaken, med en optimal lutning, med avvägd hänsyn till såväl arkitektur och energi. Därför föreslås en kombination av de båda modellerna, där förrådet får ett pulpettak med mellanliggande lutningen 16°. Denna variant föreslås i alla områden där solvärme är aktuellt, oavsett om husen är utförda i Helsingborg- eller Älmhultstil. Se fig. nedan:



Utgår vi ifrån att varje hus förses med ett solvärmesystem, så behövs en breddning av förrådsbyggnaden för ackumulatorn. Vi föreslår en utökning av bredden från 11,4 m till 13 m. Tillgänglig takyta för solfångare blir då  $4 \times 13 = 50 \text{ m}^2$ . Viessmann har en solfångare, Vitosol 100 5DI, med måtten (b x h) 2570 x 2040 mm, som skulle kunna monteras i dubbla rader om fem moduler. Detta ger en effektiv solfångarearea på  $52.4 \text{ m}^2$ . Erforderlig varmvattenlast enligt ovan är  $1450 \times 12 = 17\,400 \text{ kWh}$ .

Ett system med två tankar på 500 resp. 250 l och orientering rakt söderut ger ett årligt solvärmeutbyte på ca 11 160 kWh, eller ca 210 kWh/m<sup>2</sup>. En jämförelse med Helsingborgsmodellens taklutning, 10°, som ger 10 630 kWh, visar en marginell differens på ca 530 kWh/år.

En laborering med olika orientering, där orienteringen avser avvikelse från söder, för förrådsbyggnaderna redovisas nedan:

Lutning:	Orientering:	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
10°		11160	11116	10518	10377	10180	9957	9679
16°		10630	10602	11001	10787	10506	10160	9757

Eller enklare uttryckt i procent, där 16 graders lutning, rakt söderut (0°) utgör bas:

Lutning:	Orientering:	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
10°		95 %	95 %	94 %	93 %	91 %	89 %	87 %
16°		100 %	99 %	98 %	97 %	94 %	91 %	87 %

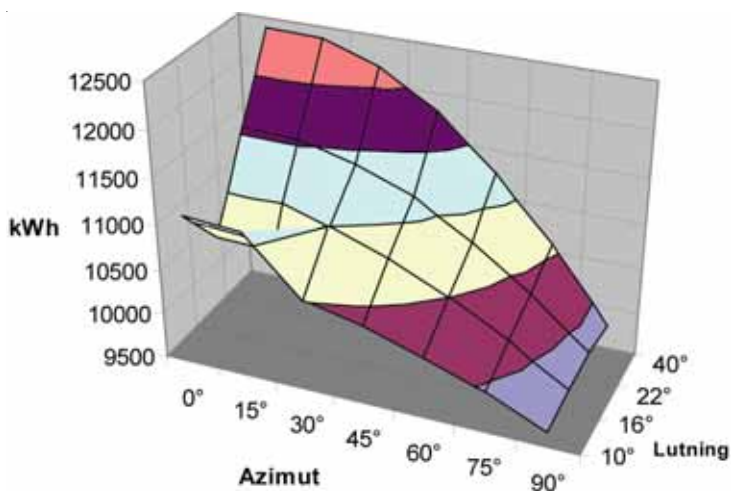
Det framgår att orienteringen inte inverkar dramatiskt på utbytet, och att man kan tänka sig en relativt flexibel placering åtminstone upp till en 45 graders avvikelse från söderriktning, dvs. mellan SV och SO. Den låga känsligheten m a p. orientering har att göra med den låga lutningsvinkeln, eftersom solen står högre och gynnas mer av hög lutning närmare söder. Ju större lutningsvinkel, desto större blir bortfallet vid mindre gynnsamma riktningar. Vi jämför med en mer "optimal" vinkel på 40°:

Lutning:	Orientering:	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
<b>22°</b>		11573	11547	11398	11158	10780	10345	9809
<b>40°</b>		12401	12380	12177	11803	11241	10583	9776

Översatt till procentenheter, med 40 graders lutning mot söder utgör basfall:

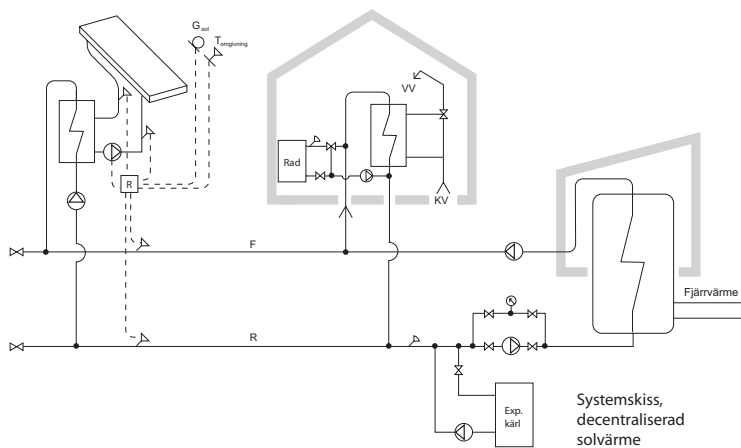
Lutning:	Orientering:	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
<b>22°</b>		93	93	92	90	87	83	79
<b>40°</b>		100	100	98	95	91	85	79

Det framgår tydligt att en större lutningsvinkel ger större känslighet för avvikelser från söderriktning. Ett sammanfattande diagram tydliggör sambandet:



#### 4.4.4 Decentraliserad solvärme

I bostadsområden med en lokal fjärrvärmekulvert finns möjlighet att placera solfångarna där det passar, och utnyttja kulvertledningarna från den centrala undercentralen för solvärmedistributionen. Ett referensobjekt för detta system finns i Fränsta (Perers och Larsson 2002). Lösningen förutsätter dock en undercentral med värmeväxlare för respektive byggnad. I fallet BoKlok skulle detta kunna lösas enkelt med en värmeväxlare placerad under eller intill den elcentral som redan sitter på ytterväggen i innerhörnet. Krav ställs dock på värmeisolering. Nedan redovisas en enkel systemskiss på hur Fränstakonceptets system skulle kunna anpassas till BoKlok, med ett tvärörssystem istället för det befintliga fyrrörssystemet.



#### 4.5 Sparad primärenergi med solvärme och ekonomisk analys

De beräkningsmodeller som hittills använts är mindre lämpade för den typ av centraliserade eller decentraliserade system i större skala som för BoKlok verkar vara mest realistiskt. Dessa lösningar är i högre grad beroende av väl fungerande och reglerade systemlösningar som kräver en mer genomgående teknisk analys än vad denna delrapport kan erbjuda. Därför presenteras dessa resultat i delrapport 2.



## 5 Diskussion och slutsatser

Arbetsgången för projektet har hittills visat att det inte är okomplicerat att byggnadsintegrera solvärmesystem i färdigutarbetade huskoncept. Arbetet har i sig varit fruktbart avseende avsikten att utarbeta en metod för att angripa den här typen av projekt, som troligtvis kommer att öka markant i framtiden, i och med solvärmens ökande konkurrenskraft och en ökande medvetenhet om behovet av en ökad andel förnyelsebar energi.

Resultaten för de valda byggnaderna är i denna delrapport varken slutgiltiga eller särskilt tillfredsställande utifrån programmets målformuleringar. I den andra delrapporten kommer en mer detaljerad systemutformning och prisredovisning, med fokus på de alternativ som framstår som mest relevanta att arbeta vidare med, att utgöra ett mer konkret beslutsunderlag.

Avseende byggnadsanalysen kan man konstatera att begränsningar i byggnaders orientering, mått och konstruktion är väsentliga förutsättningar för systemens prestanda och potential för integrering. Det stärker uppfattningen att en lyckad byggnadsintegrering av solvärme bör komma in långt tidigare i processen, om inte redan på planeringsstadiet, så åtminstone vid program- eller i sista hand projekteringsstadiet.

Vad gäller argumentet att komponenterna ersätter befintliga material i klimatskalet kan man konstatera att denna besparing är nästintill försumbar ekonomiskt. En intressant iakttagelse var i fallet väggintegrerade solfångare för Bärnstenen att den förmodade besparingen genom ersättandet av en skalmursyta direkt åts upp av en påföljande längre tegelbalk. Med besparingar i den här storleksordningen förefaller det mer intressant att snarare betrakta det som besparingar av inbyggd energi, vid en livscykelanalys av solvärmesystemet som helhet.

I fallet med BoKlok, där orienteringen av byggnaderna inte verkar ha någon relation till deras utformning, utan snarare helt och hållet till platsen, har det varit svårt att dra några slutsatser om i vilken omfattning man kan tänka sig att tillämpa solvärme. Emellertid kan en framtida ambition att få med solvärme i konceptet utgöra en faktor att ta hänsyn

till i planeringen av orienteringen. De låglutande taken är inte optimala för solvärme, men har det goda med sig att kravet på orientering mot söder blir svagare.

I de här fallen har inte väggmonterade vertikala system visat sig vara konkurrenskraftiga, trots de låga taken. Däremot uppvisar de den intressanta egenskapen att utjämna utbytet över året, vilket med större ytor och en lägre prisbild kan visa sig intressant för en ökad täckningsgrad. Väggmonterad solvärme har emellertid även nackdelen att riskera större utsatthet för skuggning.

Konstruktionen, som är av konventionell träregeltyp, utgör inte några problem för byggnadsintegreringen av solfångarna. Den höga prefabriceringsgraden, som för taken även gäller Bärnstenen, kan vara till fördel om man bestämmer sig för att ha med solvärme som standard, men skulle troligen försvåra om det endast skulle tillämpas i enstaka fall.

# Referenser

Andrén, L: Solenergi – Praktiska tillämpningar i bebyggelse, Svensk Byggtjänst 1999

Boverket: Information om bidrag till solvärme i bostäder och lokaler, Boverket 7147-748-9, 2003

Perers och Bales: Winsun Villa, 2002

Perers och Larsson: Utvärdering av Fränsta solvärmesystem, Vattenfall Utveckling AB, nr U02:07, 2002

Kvist, H: DEROB-LTH, avd för Energi och byggnadsdesign, LTH, 1999

Smeds, J och Wall, M: Internal Gains, Assumptions for simulations, 2001

Svensk Byggtjänst: E-norm, 1999

## Om husen

Bärnstenen: <http://www.nyahem.skanska.se/>

BoKlok: [www.boklok.com](http://www.boklok.com)

## Simuleringsprogram

[www.equa.se/enorm](http://www.equa.se/enorm)

[www.derob.se](http://www.derob.se)

[www.polysun.ch](http://www.polysun.ch)

## Solvärmesystemtillverkare

[www.viessmann.se](http://www.viessmann.se)

[www.aquasol.nu](http://www.aquasol.nu)

Figurer och foton där ej annat anges av Andreas Fieber







**LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA**

Lunds universitet

ISSN 1651-8128  
ISBN 91-85147-04-4