

# Energianvändning och inomhusmiljö i småhus byggda på 2000-talet eller tidigare

Jämförelser mellan tio gruppområden med olika tekniska lösningar: Uppmätta och beräknade värden, offentlig energistatistik, olika byggbestämmelser och praktiskt möjliga energinivåer

Få av alla småhus uppnår i verkligheten den låga energianvändning som utlovats. Tvärtom vad man skulle tro har serieproducerade småhus ofta lägre energianvändning än provhus och experimentbyggnader. Småhus byggda efter oljekrisen 1973 har oberoende av byggår faktiskt i stort sett samma energianvändning som dagens nybyggda. Ju energisnålare huset teoretiskt sett är desto svårare är det att nå dessa beräknade värden i verkligheten. Mindre än hälften av undersökta lågenergihus/passivhus klarar gällande byggbestämmelser. Mindre än en tredjedel klarar en skärpning av gällande byggbestämmelser med 25 procent. Det beror bland annat på boendevanor, utförande – alltså hur väl husen är byggda – och teknisk lösning.

Passivhusens byggkostnader är också 10 till 20 procent högre jämfört med om husen byggts enligt kraven i Boverkets byggregler (BBR19). För plusenergihus är merkostnaderna ännu högre, cirka en miljon kronor per normalägenhet eller småhus. Dessa kraftiga merkostnader drabbar de boende. Miljön gynnas i mycket liten grad: De enda vinnarna är byggföretagen. Möjligheterna att sänka energianvändningen under kravnivåerna i gällande byggbestämmelser BBR19 är många gånger praktiskt uttömda med gängse konstruktioner och installationer

Artikelförfattare är  
**Christer Harrysson**,  
professor i  
byggteknik,  
Akademien för  
Naturvetenskap och  
Teknik, Örebro  
universitet.



både från teknisk och ekonomisk synpunkt.

Energihushållningskraven enligt gällande byggbestämmelser exkluderar numera hushållselen som i nya småhus normalt uppgår till cirka 30 procent av den totala energianvändningen, summan för värme, varmvatten och hushållsel. Dessutom blir nästan all hushållsel i slutändan gratisvärme. Ju energisnålare huset i sig är desto större andel av energibehovet för byggnadsuppvärmning utgörs av gratisvärme och desto mindre värme måste tillföras/inköpas. Därmed ökar behovet av att beakta hur energibalansens förlust- och tillskottsposter varierar tidsmässigt och statistiskt (slumpmässigt) för att säkrare kunna bedöma energianvändningen.

Brist på helhetsgrepp och systemtänkande medför större risker för ökad energianvändning, byggsador och inomhusmiljöproblem. En av orsakerna kan vara att delsystemen inte samverkar optimalt. Exempel på detta är:

- Trögreglerade värmesystem som golvvärme, som medför högre energianvändning och komfortproblem.
- Stora glasytor som ger fler komfortstörningar, större effekt- och energibehov samt ökade byggkostnader.
- Luftvärme med en centralt placerad termostat, som har lågt gratisvärmeutnyttjande med stora temperaturskillnader inom och mellan olika rum. Därtill ska läggas ökade ohälsorisker på grund av föroreningar via kanalsystemet.
- Extremt tjocka isoleringar ger ”på marginalen” liten energibesparing med låg lönsamhet, höga livscykelkostnader samt ökar skaderiskerna på grund av utförandebrister orsakade av tryckskillnader och fuktkonvektion. Fukt och i förlängningen mögel kan få fäste i byggnaden och göra huset ohälsosamt att bo i samt extremt svårt och dyrt att renovera.

Samspelet mellan byggnad, installationer och boende måste beaktas i större utsträckning än hittills. Det är nödvändigt med förbättrad samverkan över skrågränserna mellan bygg, vvs och el under projekterings-, bygg- och förvaltningsked-

na. Utan detta uteblir i hög grad den nytta man efterfrågar.

Skärpta värmehushållningskrav utöver BBR19 kräver för ett mer tillförlitligt energisparande i verkligheten systematisk uppföljning och återföring av erfarenheter. I större utsträckning än hittills måste samspelet mellan byggnad, installationer och boende beaktas. Strategierna för energiforskning och FoU-arbeten måste också ändras. Man bör därvid fokusera på helhetsgrepp och systemtänkande samt systematisk uppföljning och erfarenhetsåterföring. Först då har man möjligheter att bygga bättre hus, byggnader som har bättre komfort, är energisnåla, billigare och med mindre reparationskostnader.

## Uteblivna besparingar

Trots årliga satsningar med tiotals miljarder på energiforskning, statligt stöd för ombyggnader och energieffektiviserande åtgärder inklusive husägarnas egna kostnader och arbetsinsatser har de förväntade besparingarna helt eller delvis uteblivit. Energisparandet har dessutom alltför ofta lett till byggsador och inomhusmiljöproblem. Energiforskningen måste bli mer tillförlitlig och ändra inriktning för att i verkligheten nå allt lägre energinivåer. Denna artikel bygger på ny forskning vid Örebro universitet, *Harrysson* (2015). Resultaten visar bland annat att framgångsrikt energisparande bland annat kräver helhetsgrepp, systemtänkande men också uppföljning och systematisk erfarenhetsåterföring. Goda exempel måste därför tas till vara och föras in i kommande byggande. Det sker dock sällan.

Sedan oljekrisen 1973 har kraven på värmehushållning successivt skärpts. Kraven på allt lägre energianvändning visar sig dock i verkligheten ofta inte gå att nå. Ju lägre energianvändning som krävs desto svårare är det att uppfylla målen i verkligheten. Nu diskuteras ytterligare kravskärpningar. Frågan värd att ställa är om det är möjligt att spara energi bortom kravnivån i BBR19? Offentlig statistik och uppföljning av energibesparingar i bebodda småhus byggda efter oljekrisen

visar att de i allmänhet har små verkliga energibesparingar. Verkligen energianvändning ligger ofta högre än den beräknade. I vissa fall mycket högre. Det kan bland annat bero på brist på helhetsgrepp och systemtänkande till exempel att de olika delsystemen inte passar ihop på ett optimalt sätt.

## Serieproducerade hus bättre än "experimenthus"

Media översvämmas av positivt vinklade men illa underbyggda reportage och uppgifter om olika boställningar, provhus och experimentbyggnader. Där förs fram de mest häpnadsväckande, men felaktiga, uppgifter om energianvändning och inomhusmiljö. Via media förstås man också, lika felaktigt, tro att bostadssektorn lyckats uppnå betydande energibesparingar. Verkligheten talar dock ett annat språk. Den visar på både högre energianvändning, sämre inomhusmiljö och kraftigt höjda produktionskostnader än i serieproducerade hus med beprövade och lättskötta tekniska lösningar, *Boverket* (2014) och *Harrysson* (2014). Intresset är dock, märkligt nog, ringa för att följa upp och jämföra förhållandena i serieproducerade hus med vanliga tekniska lösningar med läget i experimenthus. Det är ett av skälen till att man inte i tillräcklig grad sällar fram vad som är bra, ekonomiskt och praktiskt. Uppföljning av byggprocessen och systematisk erfarenhetsåterföring sker dessutom sällan – kanske för att det anses ta tid och kostar pengar – och är

dessutom många gånger bristfälligt utförd, vilket gör att man i många projekt med fog kan tala om att "uppfinna hjulet på nytt".

## Sprid goda byggerfarenheter

Sätten att bygga bostäder är många. Några av dessa måste vara bättre än andra. Stora skillnader i inomhusmiljö, energianvändning och livscykelkostnad föreligger såväl mellan nominellt lika som olika hus. Detta beror främst på skillnader i boendevanor, utförande och teknisk lösning. Boendevanorna spelar dock en stor roll när man summerar kostnaderna.

## Rätt teknisk lösning spar 30 procent

Klart är att olika tekniska lösningar har olika egenskaper. Erfarenheter, *Harrysson* (1988, 2014) visar tydligt att det går att spara upp mot 30 procent energi genom att välja rätt teknisk lösning med bibehållen eller bättre inomhusmiljö till samma eller lägre produktionskostnad. Därför är det angeläget att rangordna olika tekniska lösningar liksom formerna för uppföljning av byggprocessen och systematisk erfarenhetsåterföring.

## Gör dåligt byggande besvärligt

Energisparpotentialen i bostäder är dock betydande. Mycket talar faktiskt för att det är möjligt att halvera energianvändningen. Hur detta ska åstadkommas i verkligheten måste dock närmare konkretiseras, särskilt för olika tekniska lösningar och i nyare småhus byggda på 2000-talet.

Dessutom måste närmare fastslås vad som är realistisk energinivå för nya småhus. Kunskaper finns om hur man bygger bättre och billigare, men används alltför sällan. Därför måste samhället och myndigheterna stödja byggandet med goda lösningar och försvara för de dåliga.

## Projektets målsättning och genomförande

Det genomförda projektet syftar till att kvantifiera och klassificera energi- och vattenanvändning samt komfortförhållanden i nya grupphusområden byggda under 2000-talet. Olika tekniska lösningar det vill säga kombinationer av isolering, täthet, värme och ventilation med respektive utan värmeåtervinning, har undersökts och rangordnats med avseende på energianvändning, komfort och livscykelkostnad med mera.

Jämförelser görs med några äldre områden. Resultaten relateras till tidigare och gällande byggbestämmelser, rekommenderade energinivåer för passivhus, offentlig statistik, andra litteraturuppgifter och beräknade värden. Tekniska mätningar har gjorts av några för energianvändning och komfort mest betydelsefulla parametrarna. Samtidigt har även intervjuer gjorts med de boende.

De tio undersökta grupphusområdena med tekniska data, *tabell 1*, är belägna utmed Västkusten från Ellös i norr till Kvibille i söder. Områdena består av friliggande småhus, rad- och parhus i ett-, ett och ett halvt- samt tvåplan. Respektive

Tabell 1: Tekniska uppgifter för studerade husområden.

Område/ läge	Byggår	Antal lika hus/lgh f = frist r = radhus p = parhus	Husform 1-, 1½-, 2-plan	Boarea m <sup>2</sup>	Isolertjocklek, mm			Fönster, dörrar	Värme distr direktel, vatten, luft, radiatorer, golvvärme	Ventilation F, FT	Återvinning FVP, VVX, ingen	Energislag El, Fjv	Sidoytan m <sup>2</sup>
					väggar	tak	golv						
1	2010	22, r	1	62,8	345	550	300		luft + elrad	FT	VVX	Fjv, el, sol	
2	2010	20, p	2	84,3	440	500	300		luft	FT	VVX	Fjv, pellets, el, sol	
3	2009-2011	8/19, f	1	132/119	215	500	200		vatten, golv	FT	VVX	Fjv	
4	1986	9, f	1	127	300	450	195		oljeelrad	F	ingen	El	
5	2006-2008	18/18, p	2	60/70	215	400	200		vatten, rad	F	ingen	Fjv	
6	2006-2008	25, f/26, f	1, 1½	132/141	200	250/ 300 <sup>d</sup>	220	vatten, rad,	F golv	FVP	El		
Förenklat													
10	1997	76, p	1, 1½	110,5	170	200/ 400 <sup>a</sup>	200		vatten, golvb	F	FVP	El	
11 <sup>c</sup>	2009	25, r	1, 2	77,1	450	600	350	3-glas	luft	FT	VVX	El	
12	1973	51, f	1½	148	120	150/ 120 <sup>e</sup>	150	2	elrad	S	-	El	
13	1980	22, r	1½	136	340	440/ 220 <sup>e</sup>	220	3	vattenrad	S	-	El	

a. 200 mm 1½-planshus och 400 mm 1-planshus.

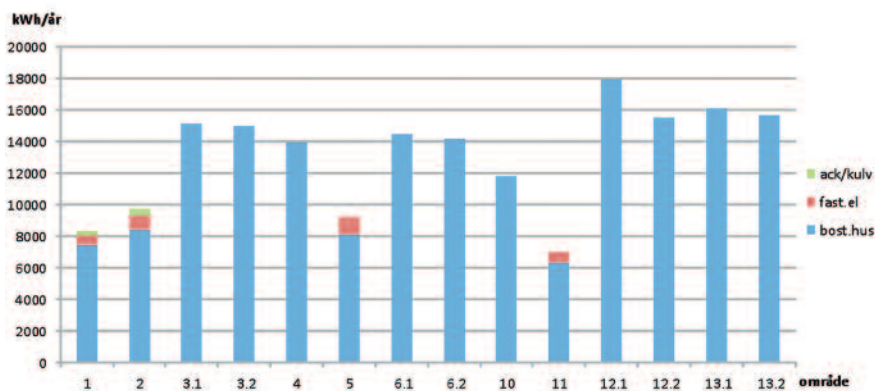
b. golvvärme även i övervåningen i 1½-planshus.

c. stålregelstomme.

d. 1-planhus horisontellt tak. 250 mm, lutande del av taket och 1½ 300 mm.

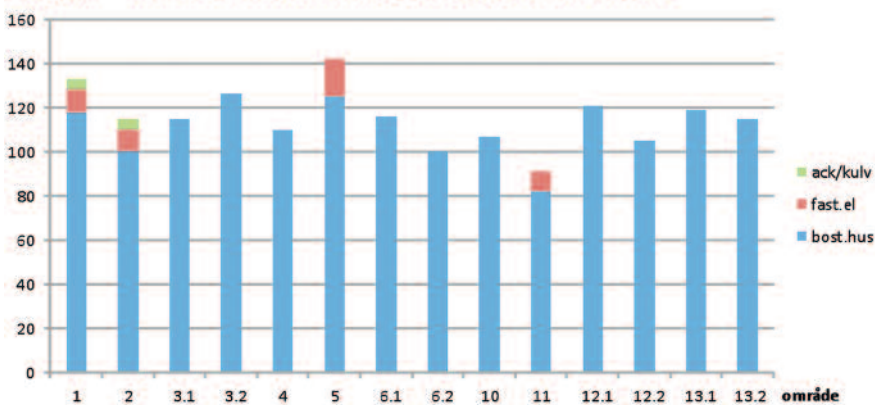
e. hanbjälklag respektive snedtak.

### Total energianvändning för bostadshus, fastighetsel och ack/kulv



Figur 1: Total energianvändning, summan för bostadshus, fastighetsel och ackumulatortank/kulvertar. Medelvärde för respektive område.

### Specifik total energianvändning för bostadshus, fastighetsel och ack/kulv



Figur 2: Specifik total energianvändning, summan för bostadshus, fastighetsel och ackumulatortank/kulvertar. Medelvärde för respektive område.

område har 9 till 51 nominellt lika småhus/lägenheter. Bearbetning av resultaten och jämförelser av energi- och vattenan-

vändning med mera har skett på medelvärdesnivå för respektive område och samtliga områden. Inverkan av skillnader

i boendevanor med mera har i görligaste mån kunnat beaktats. Av de tio områdena har sex byggts under 2000-talet och övriga fyra under åren 1973 till 1997.

Uppmätt energi- och vattenanvändning i områdena avser 2012. Energimyndighetens jämförelsevärden gäller 2011. Det var de senaste värden som fanns tillgängliga när projektet startade. Jämförelser har även gjorts med litteraturuppgifter och för flera av områdena med beräknade värden. Eftersom uppgifter om delposten hushållsel saknas i flera av områdena har jämförelserna huvudsakligen gjorts för total energianvändning, vilket är summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Tekniska mätningar och intervjuer har genomförts under uppvärmningssäsongerna 2012/2013 respektive 2013/2014.

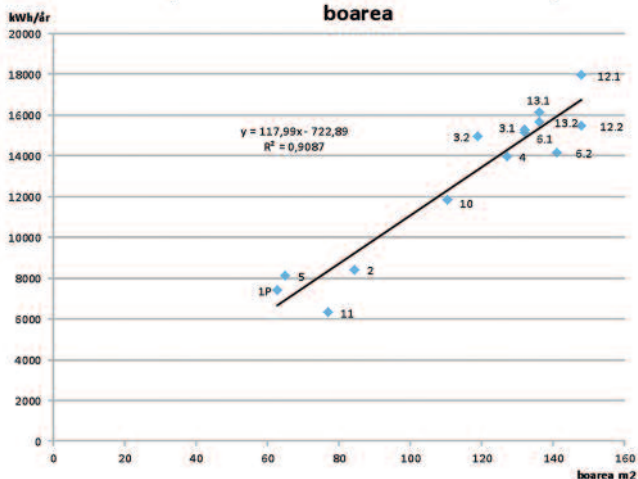
### Några resultat: Energianvändning

Energianvändningen sammanfattas i det följande för bostadshusen, summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel samt för fastighetsel respektive ackumulatortank och kulvertar. Uppgifter redovisas dels per lägenhet/småhus dels per kvadratmeter boarea, det vill säga specifik energianvändning, figurerna 1 och 2.

Den totala energianvändningen för bostadshusen, summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel har ett starkt beroende av boarean med korrelationskoefficienten cirka 0,9, figur 3. Den visar sambandet mellan medelvärdet av specifik total energianvändning för bostadshusen i respektive område, det vill säga summan av byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel, samt boarean. Dessutom visas i figur 4 sambandet mellan specifik total energianvändning och boarean.

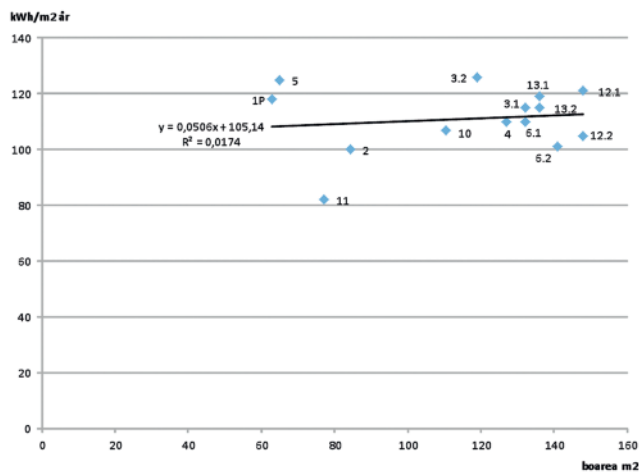
Den totala energianvändningen för bostadshusen, summan för byggnadsupp-

### Samband mellan total energianvändning, summan för värme, varmvatten och hushållsel bostadshus, samt boarea



Figur 3: Samband mellan total energianvändning, summan för värme, varmvatten och hushållsel, bostadshus samt boarea.

### Samband mellan specifik total energianvändning, summan för värme, varmvatten och hushållsel bostadshus, samt boarea



Figur 4: Samband mellan specifik total energianvändning, summan för värme, varmvatten och hushållsel, bostadshus samt boarea.

värmning, varmvatten och hushållsel, är den parameter som finns uppmätt för samtliga områden. Jämförelserna mellan områdena görs därför i första hand på denna "systemnivå". De olika delposterna har som framgår bara uppmätts i några av områdena.

Husets totala energianvändning har självklart ett starkt beroende av husets storlek (boarea), *Harrysson* (1988), här med korrelationskoefficienten cirka 0,9. Den totala energianvändningen för respektive hus beror också i hög grad på boendevanor, kvaliteten på arbetsutförandet för isolering och tätningar, injustering av värme- och ventilationssystemen samt på den tekniska lösningen, det vill säga tekniska prestanda.

Husen i de undersökta områdena kan grupperas i två storleksklasser, cirka 70 kvadratmeter boarea och cirka 135 kvadratmeter. Till den förra gruppen hör områdena 1, 2, 5 och 11, samtliga nyare områden byggda på 2000-talet. Områdena 1, 2 och 11 är passivhus. Område 5 har fjärrvärme och saknar värmeåtervinning ur frånluften. Områdena 1 och 5 är relativt sett mindre energieffektiva än områdena 2 och 11. Det senare har elvärme.

### System som inte fungerar spar ingen energi

Av områdena med de större husen, cirka 135 kvadratmeter boarea, kan konstateras att områdena 4, 6, 10 och 12 är mer energieffektiva än 3 och 13. Områdena 3 och 6 tillhör de nyare och är byggda på 2000-talet medan områdena 4, 10, 12 och 13 tillhör de äldre med byggåren 1986, 1997, 1973 och 1980. Område 4 har frånluftsvärmepump med golvvärme och område 6 golvvärme och/eller radiatorer. Område 12 är välbyggt med elradiatorer och mycket låg ventilation. Område 3 har fjärrvärme, golvvärme och FTX-ventilation. Område 13 har tjock isolering, mycket låg ventilation samt sannolikt dåligt arbetsutförande för isolering och tätningar. Med tanke på ålder, teknik och utförande kan resultaten verka förbryllande. Men det är ett bra exempel på att med delsystem som inte fungerar tillsammans och på undermåligt utförande blir det så här.

Av diagrammets regressionslinje kan man skönja en med boarean svagt ökande specifik energianvändning. Med ökande boarea förväntas dock lägre specifik total energianvändning för bostadshuset. Detta eftersom inverkan av de boendebetingade energiandelarna då minskar främst för hushållsel och varmvatten. De studerade husområdena har olika tekniska lösningar och energitekniska prestanda. Områdena 1, 2, 3, 5, 6 och 11 har byggts efter 2000, medan de äldre områdena 4, 10, 12 och 13 tillkommit 1986, 1997, 1973 och 1980.

Inom den minsta storleksklassen av undersökta hus, cirka 70 kvadratmeter, synes område 2 och 11 vara väsentligt

energislåre än 1 och 5. Det senare området saknar värmeåtervinning och har fjärrvärme. Områdena 1 och 2 utgörs av passivhus med luftvärme och vattenbatteri, liksom 11 med luftvärme och elbatteri. Av områdena i den största storleksklassen cirka 135 kvadratmeter, är områdena 4, 6, 10 och 12 väsentligt energislåre än 3 och 13. Område 3 har fjärrvärme, golvvärme och FTX-ventilation medan område 13 har elpanna och vattenradiatorer samt bedöms ha dåligt arbetsutförande. Områdena 6 och 10 har frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Område 10 har golvvärme medan område 6 har golvvärme och/eller radiatorsystem.

### Hushållsel

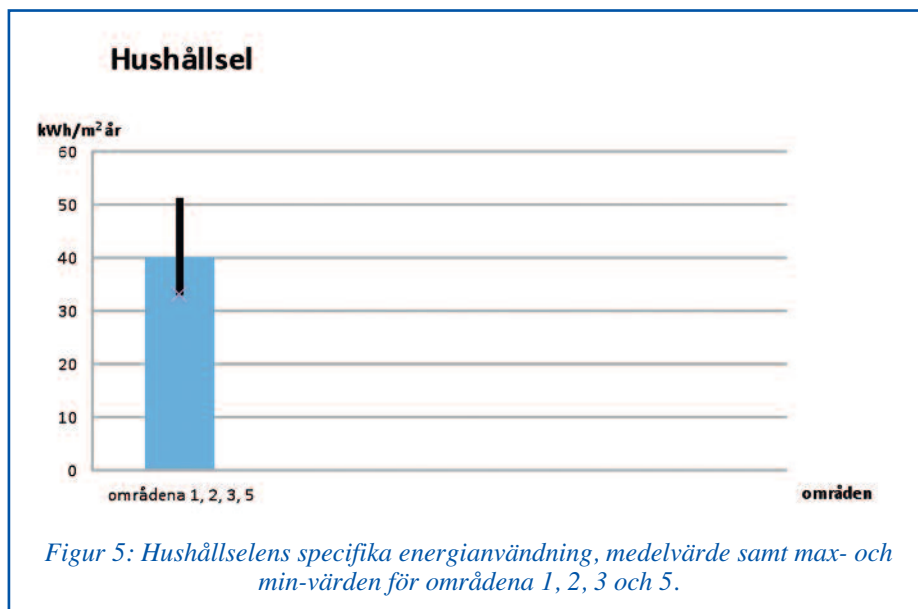
Hushållselen har uppmätts i de nya områdena byggda under 2000-talet där så varit möjligt, det vill säga områdena 1, 2, 3, och 5, *figur 5*. Medelvärdet för dessa områden uppgår till cirka 40 kWh/m<sup>2</sup> år och medelvärdet för respektive område varierar mellan 33 och 51 kWh/m<sup>2</sup> år. Medelvärdet

för nämnda områden, 40 kWh/m<sup>2</sup> år, stämmer väl överens med offentlig statistik, *Energimyndigheten* (2012).

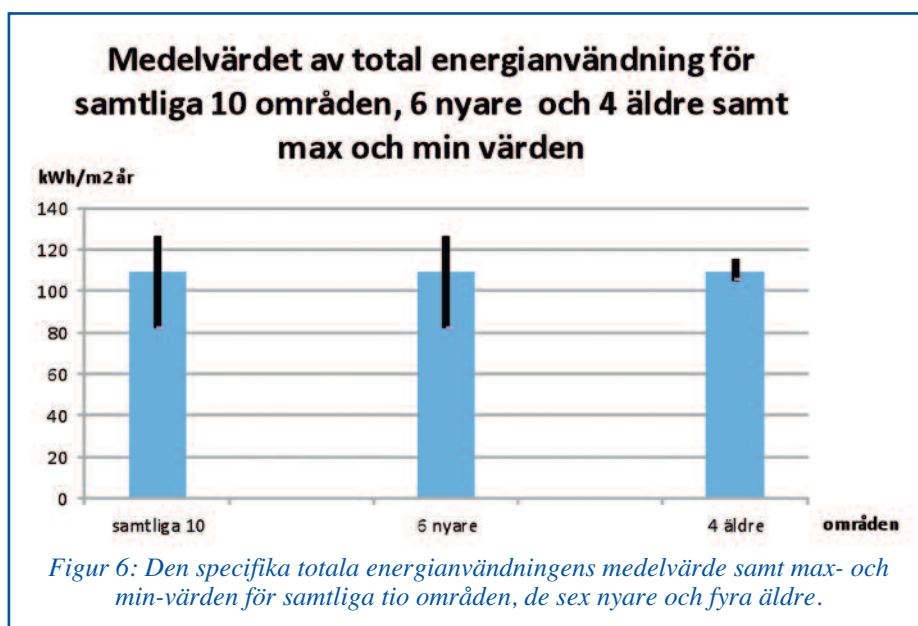
### Total energianvändning, summan av byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel

I *figurerna 6 och 7* redovisas medelvärdet dels för respektive område dels för samtliga områden samt nyare respektive äldre områden. För bostadshusen redovisas energianvändningen i två ålderskategorier: sex nyare områden byggda 2006 till 2011 samt för fyra äldre byggda 1973 till 1997.

Husen i de tio områdena har medelvärdet för specifik total energianvändning 109 kWh/m<sup>2</sup> år med variationer mellan 82 och 126 kWh/m<sup>2</sup> år för respektive områdes medelvärde. Boareans medelvärde för de tio områdena är 92 kvadratmeter med variationer mellan 62,8 och 148 kvadratmeter. Medelvärdet för den totala energianvändningen uppgår till 11 662 kWh/år med variationer mellan 6 322 och 15 664 kWh/år för respektive områdes medelvär-



Figur 5: Hushållselen specifik energianvändning, medelvärde samt max- och min-värden för områdena 1, 2, 3 och 5.



Figur 6: Den specifika totala energianvändningens medelvärde samt max- och min-värden för samtliga tio områden, de sex nyare och fyra äldre.

de. Den totala energianvändningen är självklart starkt beroende av husets boarea, antalet våningar med mera.

Även husen i de sex nyare områdena 1, 2, 3, 5, 6 och 11, har medelvärdet för specifik total energianvändning 109 kWh/m<sup>2</sup> år med variationer mellan 82 och 126 kWh/m<sup>2</sup> år för respektive områdes medelvärdet. Boareans medelvärdet för de sex nyare områdena är 92 kvadratmeter med variationer mellan 62,8 och 141 kvadratmeter. Medelvärdet för den totala energianvändningen uppgår till 9 945 kWh/år med variationer mellan 6 322 och 15 148 kWh/år för respektive områdes medelvärdet.

Husen i de fyra äldre områdena 4, 10, 12 och 13, har också medelvärdet för specifik uppmätt total energianvändning 109 kWh/m<sup>2</sup> år med variationer mellan 105 och 115 kWh/m<sup>2</sup> år för respektive områdes medelvärdet. Boareans medelvärdet för de fyra äldre områdena är 130 kvadratmeter med variationer mellan 110,5 och 148 kvadratmeter. Medelvärdet för den totala energianvändningen uppgår till 14 238 kWh/år med variationer mellan 11 824

och 15 664 kWh/år för respektive områdes medelvärdet.

Den specifika totala energianvändningens medelvärdet för områdena 12 och 13 har uppmätts till 105 respektive 115 kWh/m<sup>2</sup> år. Jämfört med 1992/1993 när dessa båda områden studerades första gången, har energianvändningens medelvärdet minskat kraftigt från 121 respektive 119 kWh/m<sup>2</sup> år. Det kan bero på att energisparåtgärder som ökad isolering på vindbjälklaget, luft-luftvärmepump eller energieffektivare fönster genomförts. Elradiatorer utnyttjar tillförd energi bättre än vattenradiatorer. En kilowattimme tillförd el till en elradiator ger lika mycket värme. Något som inget annat värmesystem klarar av.

### Dåligt byggande kan inte kompenseras med tjockare isolering

Tre gånger mer isolering men ändå tio procent högre energianvändning i område 13, radhus, verkar jämfört med område 12, friliggande villor, förbryllande. Men den triviala enkla förklaringen torde vara bättre

arbetsutförande plus elradiatorer i område 12. Medelvärdet för den totala energianvändningen uppgår till 15 473 kWh/år för område 12 och 15 664 kWh/år för område 13. Motsvarande värden för 1992/1993 var 17 955 respektive 16 117 kWh/år.

### Fastighetsel/värmeförluster utanför bostadshusen

I fyra av de nyare områdena 1, 2, 5 och 11 finns *fastighetsel*. Medelvärdet för uppmätt specifik energianvändning är 12 kWh/m<sup>2</sup> år med variationer mellan 9 och 17 kWh/m<sup>2</sup> år för respektive områdes medelvärdet, *figur 8*. Energianvändningens medelvärdet för fastighetsel uppgår till 824 kWh/år med variationer mellan 628 och 1 096 kWh/år. I två av de nyare områdena 1 och 2 finns *förluster från ackumulatortank i sidobyggnad och kulvert mellan sidobyggnad och bostadshus*. I båda områdena uppskattas dessa förluster baserat på mätningar motsvara den specifika energianvändningen 5 kWh/m<sup>2</sup> år. Energianvändningens medelvärdet har uppmätts till 385 kWh/år med variationer mellan 314 och 455 kWh/år för respektive områdes medelvärdet. Detta talar för att energianläggningen och värmesystemet ska finnas inne i bostadshuset som ska värmas. Därmed elimineras kulvertförluster och värmeförluster från ackumulatortank och sidobyggnader som ofta är dåligt isolerade.

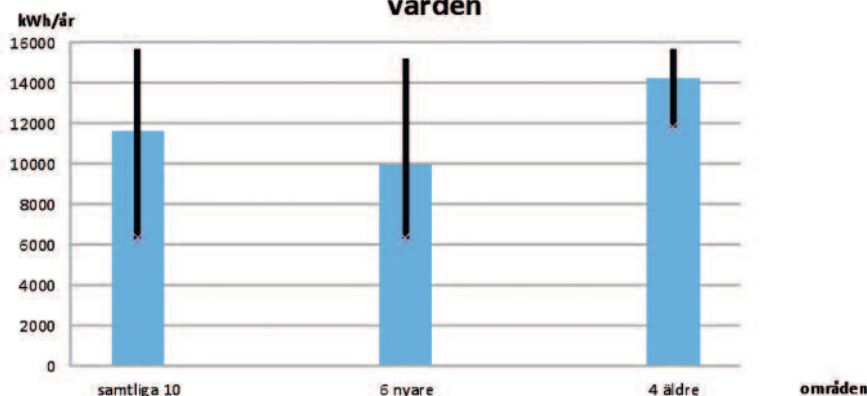
### Fem procent ökad glasarea kräver tio procent mer energi

Glasareorna har i tre nyare områden uppmätts till cirka 15 procent av boarean och i två äldre till cirka tio procent. Den femprocentiga skillnaden i glasyta ökar energianvändningen för byggnadsuppvärmning med fem till tio procent och därmed kostnaderna. Överslagsmässigt motsvarar detta energiökningen cirka 700 kWh/år med antagandena: skillnad i glasarea fem procentenheter, boarea 150 kvadratmeter, uppvärmningsbehovet 80 000 gradtimmar samt skillnaden i mörker-U-värde mellan fönster och vägg cirka 1,2.

### Solfångare

Två av de nyare områdena, 1 och 2, har solfångare. Område 1 har 117 kvadratmeter plansolfångare av vakuümörstyp. Under 2012 har uppmätts 12 982 kWh med flera mätstörningar. Omräknat motsvarar denna energimängd 9,4 kWh/m<sup>2</sup> boarea eller 111 kWh/m<sup>2</sup> solfångaryta som tillgodogjorts. På grund av mätstörningarna har beräknade värden använts i analysen, det vill säga 22 kWh/m<sup>2</sup> boarea eller 260 kWh/m<sup>2</sup> solfångaryta. Område 2 har 53 kvadratmeter plansolfångare av eget fabrikat. Under 2012 har uppmätts 13,6 kWh/m<sup>2</sup> boarea eller 432 kWh/m<sup>2</sup> solfångaryta som tillgodogjorts. Dessa uppmätta värden kan jämföras med uppgifter för 20 stycken tvåplans radhus med 120 kvadratmeter boarea i Lindås Park där varje radhus har fem kvadratmeter

### Medelvärdet av total energianvändning för samtliga 10 områden, 6 nyare och 4 äldre samt max och min värden



Figur 7: Den totala energianvändningens medelvärde samt max- och minvärden för samtliga tio områden, de sex nyare och fyra äldre.

### Fastighetsel



Figur 8: Fastighetselens specifika energianvändning, medelvärde samt max- och minvärden för områdena 1, 2, 3, 5 och 11.

soolfångare. I nämnda område har i medeltal uppmätts 9 kWh/m<sup>2</sup> boarea och år eller 217 kWh/m<sup>2</sup> solfångaryta och år.

### BBR10 – Hushållsel kan täcka 30 till 40 procent av energibehovet för byggnadsuppvärmning.

De sista byggregler där man använde sig av referenshusberäkning och betraktade den totala energianvändningen inklusive hushållsel var BFS:2002:19 och BBR 10. Därefter baseras byggreglerna på den specifika energianvändningen, summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel, men exklusive hushållsel. Hushållselen kan dock utgöra cirka 30 till 40 procent av husets totala energianvändning. Som gratisvärme ger den ett betydande bidrag till byggnadens uppvärmning. Ju energisnålare huset i sig är desto större andel av energin för byggnadsuppvärmning utgörs av gratisvärme och desto mindre andel utgörs av inköpt energi till värmesystemet.

Uppmätta värden har i det följande relaterats till gällande byggbestämmelser, BBR19, Boverket (2011), i zon III avseende elvärmda småhus, 55 kWh/m<sup>2</sup> år, för summan av byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel respektive 90 kWh/m<sup>2</sup> år för övriga uppvärmningssätt, figur 9. Hushållselen antas i jämförelserna motsvara 40 kWh/m<sup>2</sup> år. Tillåten specifik total energianvändning inklusive hushållsel blir därmed vid elvärme 95 kWh/m<sup>2</sup> år och vid övriga uppvärmningssätt 130 kWh/m<sup>2</sup> år.

Förutom område 5, som saknar värmeåtervinning, understiger bostadshusen i samtliga områden medelvärdet för specifik total energianvändning, (90 + 40) = 130 kWh/m<sup>2</sup> år för övriga uppvärmningssätt. Endast i ett av områdena med elvärme, nummer 11, understiger den totala energianvändningen (55 + 40) = 95 kWh/m<sup>2</sup> år som gäller för elvärme i zon III. Område 5 har fjärrvärme och den specifika totala energianvändningen 142 kWh/m<sup>2</sup> år, varav fastighetselen utgör 17 kWh/m<sup>2</sup> år.

### Passivhusen är inte energisnåla!

Områdena 1, 2 och 11 utgörs av passivhus, figur 10. Dessa har frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmväxlare. Endast ett av de tre passivhusområdena – tvärtemot vad som utlovades! – klarar elvärmekravet i zon III (55 + 40) = 95 kWh/m<sup>2</sup> år. Det är område 11 med elvärme och som utgörs av en- och tvåplans radhus. De båda passivhusområdena 1 och 2 uppfyller kraven för övriga uppvärmningssätt men ej för elvärme. Område 1, passivhus med både elvärme och fjärrvärme, har en specifik total energianvändning på 133 kWh/m<sup>2</sup> år inklusive fastighetsel och värmeförluster från ackumulatortank och kulvertar samt 118 kWh/m<sup>2</sup> år exklusive dessa värmeförlus-

ter. Husen har måst kompletteras med elradiatorer i vardagsrummen, som har relativt stora fönster, för att tillräckligt hög komfort ska uppnås. Resultaten visar att passivhusen varken är utlovat energisnåla eller tillräckligt komfortabla. Dessa komfortproblem har konstaterats föreligga även i andra passivhusområden. Område 2, passivhus med fjärrvärme, har en specifik total energianvändning på 115 respektive 100 kWh/m<sup>2</sup> år.

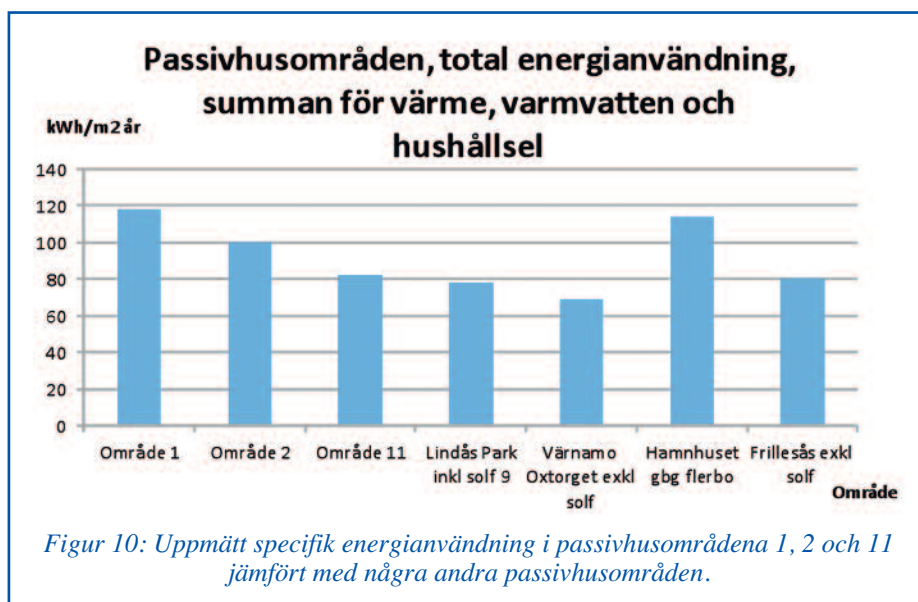
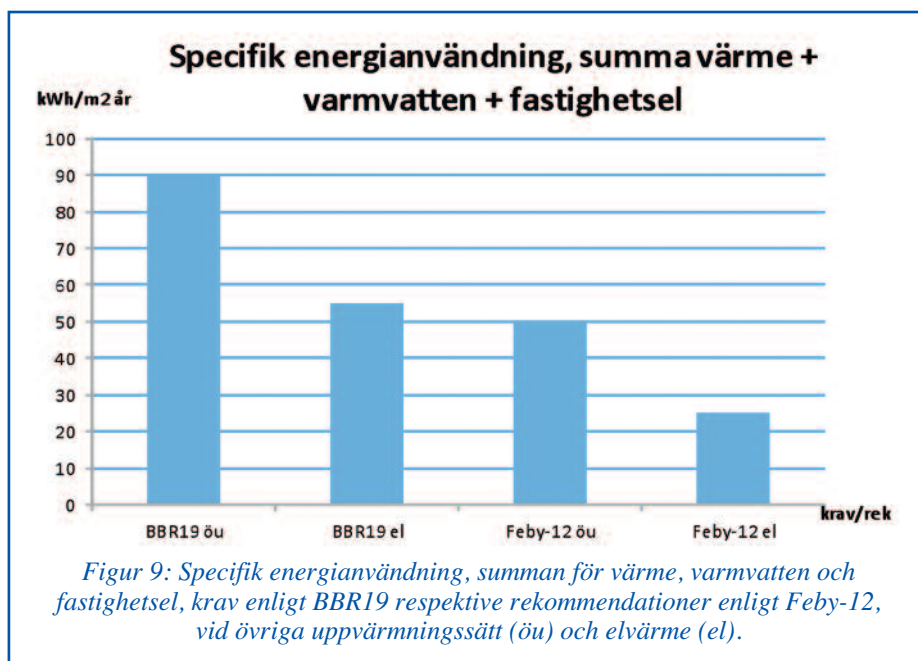
De båda elvärmda delområdena 6.1 och 6.2 med frånluftsvarmepump, byggda på 2000-talet, har medelvärdet för den specifika totala energianvändningen 110 respektive 101 kWh/m<sup>2</sup> år. De fjärrvärmda delområdena 3.1 och 3.2 har medelvärdet 115 respektive 126 kWh/m<sup>2</sup> år. De båda äldre elvärmda områdena 12 med byggår 1973 samt 13 med byggår 1980 och cirka tre gånger mer isolering i väggar än område 12 och så vidare har numera medelvärdet för den specifika totala energianvändningen 105 respektive 115 kWh/m<sup>2</sup> år mot 1992 års värden 121 re-

spektive 119 kWh/m<sup>2</sup> år. Troligen har olika energisparåtgärder utförts i områdena 12 och 13 sedan 1992. Dessa båda områden har inte besökts i undersökningen.

Område 4 med byggår 1986, hade ursprungligen luftvärme med återluft och frånluftsvarmepump, men har 2001 konverterats till oljefyllda elradiatorer och frånluftsventilation utan värmeåtervinning. Medelvärdet för specifik total energianvändning är 110 kWh/m<sup>2</sup> år. Område 10 med byggår 1997 har golvvärme och frånluftsvarmepump samt som medelvärde för specifik total energianvändning 107 kWh/m<sup>2</sup> år.

### Passivhusområdena i förhållande till byggbestämmelserna BBR19 exklusive hushållsel

Enligt gällande byggbestämmelser, Boverket (2011), tillåts i zon III vid elvärme den specifika energianvändningen, summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel, 55 kWh/m<sup>2</sup> år och



vid övriga uppvärmningssätt 90 kWh/m<sup>2</sup> år. Energianvändningen för hushållsel antas ligga inom intervallet 30 till 40 kWh/m<sup>2</sup> år. För område 1 uppskattas medelvärde för den specifika energianvändningen till 78 till 88 kWh/m<sup>2</sup> år. För område 2 har medelvärdet uppmätts till 77,1 kWh/m<sup>2</sup> år och för område 11 med elvärme uppskattas medelvärdet för den specifika energianvändningen till mellan 51 och 61 kWh/m<sup>2</sup> år. Samtliga tre områden uppfyller byggreglernas krav för övriga uppvärmningssätt men endast område 11 kravet för elvärme. Område 11 har luftvärme med elbatteri, som kan styras effektivare än systemen i områdena 1 och 2, vattenbatteri och energianläggningarna i sidobyggnader och med kulvertar mellan bostadshus och sidobyggnad.

### Inget passivhusområde klarar Feby-12!

Uppmätt energianvändning har jämförts med rekommendationerna i Feby-12 för större passivhus än 400 kvadratmeter boarea i zon III, det vill säga 25 kWh/m<sup>2</sup> år för elvärme och 50 kWh/m<sup>2</sup> år för övriga uppvärmningssätt, figur 9. Vid mindre boarea görs påslag med ett par enheter. Även i dessa jämförelser har hushållselen antagits ligga inom intervallet 30 till 40 kWh/m<sup>2</sup> år.

Områdena 1, 2 och 11 består av passivhus. För område 1 uppskattas specifika

energianvändningen till 78 till 88 kWh/m<sup>2</sup> år, för område 2 har den uppmätts till 77,1 kWh/m<sup>2</sup> år och för område 11 som har elvärme till mellan 51 och 61 kWh/m<sup>2</sup> år. Inget av de tre passivhusområdena uppfyller således rekommendationer enligt Feby-12 för passivhus med elvärme, cirka 25 kWh/m<sup>2</sup> år. Område 11, som har luftvärme med elbatteri, däremot klarar rekommendationerna för övriga uppvärmningssätt, cirka 50 kWh/m<sup>2</sup> år.

### Men hus från 1986 klarar Feby-12!

Ett hus i område 4, byggt 1986, med oljefyllda elradiatorer och frånluftsventilation utan värmeåtervinning, har den specifika energianvändningen 49,5 kWh/m<sup>2</sup> år. Huset klarar således rekommendationen enligt Feby-12 för övriga uppvärmningssätt. Hushållselen har i detta hus uppmätts till 37,6 kWh/m<sup>2</sup> år. Ventilationen är låg. Vid normenlig ventilation ökar energianvändningen med cirka 1 000 kWh/år eller cirka 8 kWh/m<sup>2</sup> år, varvid nivån 50 kWh/m<sup>2</sup> år överskrids. Enkla värme- och ventilationssystem som kan rumsvis behövsstyras är som synes mycket energieffektiva.

### Teori och praktik i energisparande överensstämmer sällan konstaterar Boverket

Det nu genomförda projektet visar bland annat att ju energisnålare huset i sig utfor-

mas desto svårare förefaller det vara att i verkligheten nå beräknade energinivåer. Ett exempel på att teori och praktik inte säger samma sak. Även *Boverket* (2014) har konstaterat detta vid uppföljning av 17 stycken lågenergihus/passivhus. Av dessa uppfyller endast cirka hälften energinivåerna för aktuella uppvärmningssätt enligt BBR 19 och endast cirka en tredjedel klarar 25 procent lägre energinivåer. Ännu svårare är det att i praktiken klara rekommendationerna enligt Feby-12, figur 5, för specifik energianvändning, det vill säga summan av byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel, cirka 25 kWh/m<sup>2</sup> år för elvärmade bostäder och cirka 50 kWh/m<sup>2</sup> år för övriga uppvärmningssätt.

Den verkliga energianvändningen ligger ofta högre än de beräknade, i vissa fall mycket högre. Det kan bero på gynnsammare beräkningar med olämpliga indata eller mätsystem. Alternativt kan det bero på sämre byggnad (utförandet) än vad som projekterats (förväntats). Begreppet lågenergihus/passivhus kan innebära stora variationer i uppmätt energianvändning. Det räcker inte med en mycket bra klimatskärm, det behövs också installationer med god prestanda. Orsaker till detta kan med stor sannolikhet också vara brist på helhetsgrepp och systemtänkande samt på att de olika delsystemen inte passar ihop på ett optimalt

sätt liksom brist på uppföljning av hela byggprocessen.

### Tekniska mätningar – intervjuer

De tekniska mätningarna, som genomfördes under några timmar i respektive hus, omfattar momentana luftflöden genom utelufts-, till- och frånluftsdon, ute- och inneluftstemperatur samt relativ fuktighet ute och inne. Inne har mätningarna gjorts mitt i "vardagsrum" och i soffbordshöjd samt ute i skuggan cirka 0,5 till 1 m över mark cirka en meter från fasad. Slutligen har gjorts noteringar om vädertyp: sol, blåst och nederbörd. Intervjuerna med de boende har främst gällt hur de upplever innemiljön och synpunkter på hur huset fungerar byggtekniskt inklusive värme- och ventilationssystemen liksom om man använder braskamin. Med rätt användning kan en sådan tillföra energi och höja komforten. I förekommande fall har innetemperaturen uppmätts i sidobyggnaden för att bedöma hur den kan påverka energianvändningen.

Tekniska mätningar har gjorts av några för energianvändning och komfort mest betydelsefulla parametrarna i tre till fyra hus per område i fem av de nyare områdena, det vill säga 1, 2, 3, 5 och 6 samt i det äldre området 4. I det nyare området 11 samt de äldre områdena 10, 11, 12 och 13 har endast energianvändningen uppmätts. För de äldre områdena 12 och 13 har uppmätta värden från tekniska mätningar enligt Boverksundersökningen 1992–1993 använts, *Harrysson* (1994). Samtidigt med de tekniska mätningarna har intervjuer gjorts med de boende.

I tabell 2 har för respektive område sammanställts medelvärde av uppmätta värden för innetemperatur respektive summan av donmätta frånluftsflöden. Uppmätta frånluftsflöden har jämförts med projekterade värden och skillnaden har beräknats. Baserat på denna kan inverkan på energianvändningen av högre eller lägre ventilation uppskattas. I områdena med sidobyggnader 3 och 6 har innetemperaturen i dessa uppmätts till mellan 7 och 10 °C.

För att man ska kunna jämföra de olika områdenas energianvändning måste hänsyn tas till ett antal betydelsefulla parametrar däribland innetemperaturen och ventilationens storlek. Som framgår av tabell varierar innetemperaturens medelvärde i respektive område mellan 19,3 och 22,7 °C. Varje grads förändring av innetemperaturen uppskattas påverka energianvändningen med cirka fem procent.

Medelvärdet av uppmätta frånluftsflöden i respektive område ligger jämfört med projekterat värde mellan 42 l/s lägre och 7 l/s högre. En ändrad ventilation med 10 l/s och antagandet om ett uppvärmningsbehov motsvarande 80 000 °C påverkar energianvändningen med cirka 1 000 kWh/år. Eventuell värmeåtervin-

ning ur frånluften påverkar detta värde. De båda äldre områdena 12 och 13 har mycket låg ventilation. Vid normal ventilation uppskattas energianvändningen öka med cirka 4 000 kWh/år eller cirka 30 kWh/m<sup>2</sup> år.

### Golvvärme – energianvändning – ytttemperatur golv

I område 3, med golvvärme i platta på mark och 200 mm underliggande isole-ring, har uppmätts höga yttemperaturer upp till 30 °C på golvet vid några plusgrader ute, särskilt i områden/stråk där golvvärmerören är förlagda och koncentrerade, som hall-kök-vardagsrum-dusch/wc samtidigt som tillåten ytttemperatur på golvet enligt Boverkets byggregler är högst 26 °C vid dimensionerande utetemperatur. Komfortstörningar har noterats på grund av detta. Vidare är rumstermostaterna olämpligt placerade i kök-hall- vardagsrum. Ibland finns dessutom bara en termostat som ska reglera värmeförseln till flera utrymmen. Detta kan ge ytterligare besvärande temperaturskillnader inom och mellan utrymmena.

### Sammanfattande slutsatser

De nyare områdena har jämfört med de äldre:

- högre ventilation vid FT- eller F-ventilation i jämförelse med S-ventilation
- större glasytor cirka 15 procent av golvarean mot tio procent
- större regler-, kulvert- och distributionsförluster vid fjärrvärme, golvvärme och luftvärme (FTX-ventilation)
- luftvärme eller golvvärme i stället för radiatorer
- mer isolering utom i de äldre områdena 4 och 13, vilka även de har relativt tjock isolering.

Värmehushållningskraven har successivt skärpts sedan oljekrisen 1973. Därför bör nyare hus ha lägre energianvändning än äldre, men så är det ändå inte. Detta

framgår av såväl detta projekt som *Energimyndigheten* (2012).

### Jämförelser med offentlig statistik och andra litteraturuppgifter

*Energimyndigheten* (2012) har för 2011 undersökt energianvändningen i 7 000 småhus, *figurerna 11 och 12*. De horisontella linjerna avser det genomsnittliga värdet för samtliga hus 17 300 kWh/år respektive 117 kWh/m<sup>2</sup> år. Resultaten visar att hus byggda från 1971 och framåt genomsnittligen har energianvändningen, summan för byggnadsuppvärmning och varmvatten men exklusive hushållsel, 15 000 kWh/år eller specifikt cirka 100 kWh/m<sup>2</sup> år. För perioden är energianvändningen i stort sett oberoende av bygår. Hushållselen uppgick 1970 till cirka 3 800 kWh/år och från 1994 till cirka 6 000 kWh/år, eller cirka 40 kWh/m<sup>2</sup> år.

Av de 7 000 småhusen har de elvärmda byggda från 1971 och framåt den genomsnittliga totala energianvändningen, summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel, cirka 17 000 kWh/år eller specifikt 116 till 125 kWh/m<sup>2</sup> år. Den lägre siffran gäller hus byggda på 2000-talet. De fjärrvärmda småhusen har jämfört med de elvärmda 25 till 35 procent högre total energianvändning inklusive hushållsel, som i jämförelsen antagits till 6 000 kWh/år. En förklaring kan vara att de är sämre isolerade och ibland saknar värmeåtervinning.

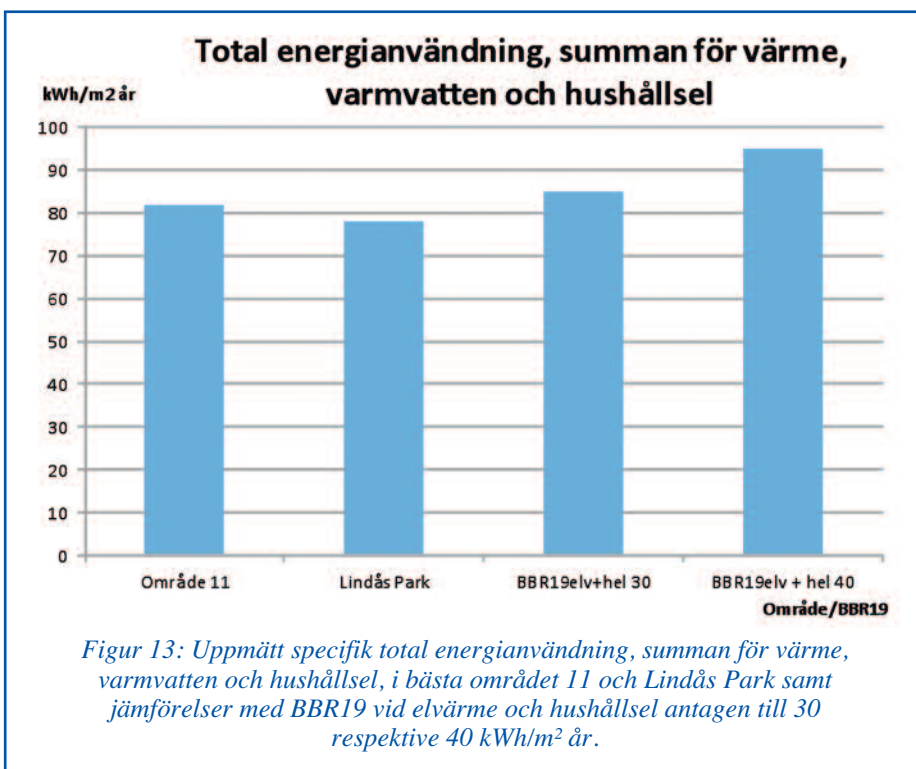
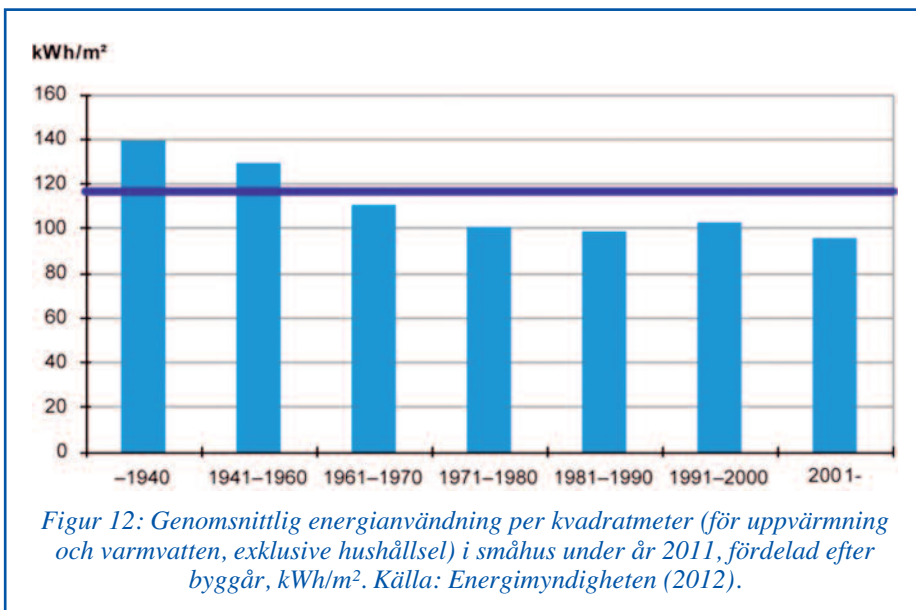
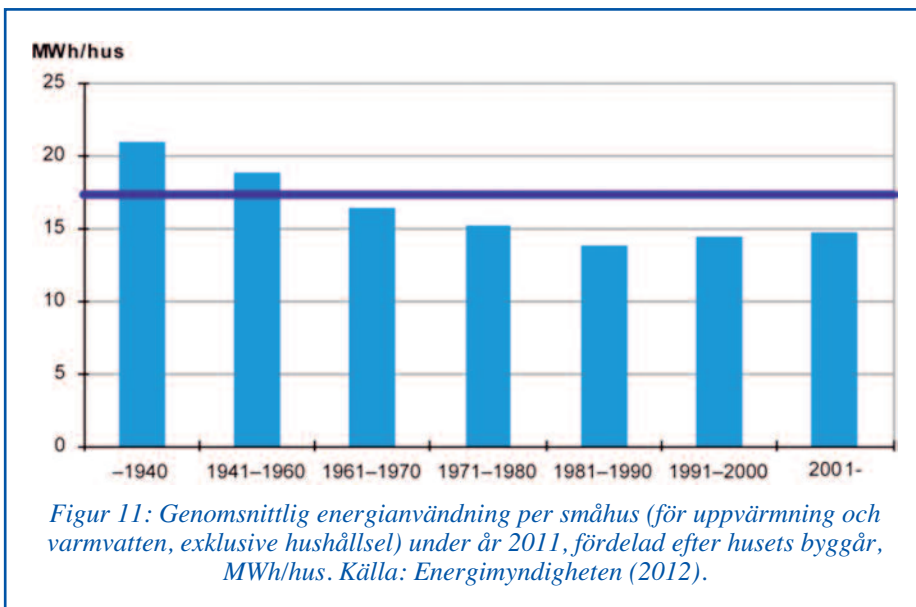
De tio undersökta områden har i medeltal den totala energianvändningen, summan av byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel 109 kWh/m<sup>2</sup> år med variationer för respektive områdes medelvärde mellan 82 och 126 kWh/m<sup>2</sup> år. Medelvärdet 109 kWh/m<sup>2</sup> år ligger cirka tio procent under Energimyndighetens uppgift 116 kWh/m<sup>2</sup> år för elvärmda småhus byggda på 2000-talet. De sex nyare områdena byggda på 2000-talet har medelvärdet 109 kWh/m<sup>2</sup> år med variationer för re-

Tabell 2: Medelvärdet av innetemperatur respektive summa donmätta frånluftsflöden respektive projekterade för respektive område.

Område	Medelvärde innetemperatur °C	Frånluftsflöden l/s		
		Medelvärde för summa donmätta flöden	Summa projekterade frånluftsflöden	Uppmätt – projekterat
1	22,5	31	25	6
2	21,0	34	27	7
3	22,2	43	55	-12
4	20,1	24	45	-21
5	19,3	25	23	2
6	19,5	42,5	47	- 4,5
12 <sup>a</sup>	20,0	10	52	-42
13 <sup>a</sup>	22,7	9	48	-39

<sup>a</sup> Osäkra uppgifter eftersom husen har självdragsventilation. Uppmätta värden avser 1992/1993, *Harrysson* (1994) och medelvärdet av sex hus i respektive område.





spektive områdes medelvärde mellan 82 och 126 kWh/m<sup>2</sup> år. För de fyra äldre områdena är medelvärdet också 109 kWh/m<sup>2</sup> år med variationer för respektive områdes medelvärde mellan 105 och 115 kWh/m<sup>2</sup> år. Då ska tilläggas att områdena 12 och 13 har mycket låg ventilation. Vid normal ventilation i dessa båda områden ökar energianvändningen 105 respektive 115 kWh/m<sup>2</sup> år med cirka 30 kWh/m<sup>2</sup> år. Motsvarande värden enligt Energimyndighetens undersökning värden för elvärmda småhus byggda 1970 till 2000 ligger mellan 120 och 125 kWh/m<sup>2</sup> år.

### Energisnåla tekniska lösningar fanns redan på 1980-talet!

Det fanns redan i slutet på 1980-talet tekniska lösningar med låg total energianvändning, det vill säga 90 till 100 kWh/m<sup>2</sup> år, *Harrysson* (1994). Dessa karakteriseras av måttlig isolering, cirka 200 mm mineralull i väggar och så vidare, frånluftsventilation, vattenradiatorer samt frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Energi-mässigt är denna tekniska lösning i nivå med det bästa och mest väldokumenterade passivhusområdet, Lindås Park, som har den totala energianvändningen 78 kWh/m<sup>2</sup> år, varav 69 kWh/m<sup>2</sup> år är inköpt el och 9 kWh/m<sup>2</sup> år kommer från solfångare.

Passivhusområdet med elvärme, område 11, har den totala energianvändningen exklusive fastighetsel 82 kWh/m<sup>2</sup> år och ligger i nivå med Lindås Park, *figur 13*. Endast två av områdena: passivhusområdet nr 2 och ett och ett halvsplanshusen i område 6 som har frånluftsvärmepump ligger kring 100 kWh/m<sup>2</sup> år, det vill säga i nivå med ovan nämnda tekniska lösning. Övriga har mer än tio procent högre energianvändning.

### Realistiskt energimål för nya elvärmda småhus

Sammanfattningsvis visar erfarenheterna enligt ovan att nya småhus i serieproduktion bör kunna åstadkommas med en god teknisk lösning och noggrant arbetsutförande vid elvärme till högst 80 kWh/m<sup>2</sup> år, som total energianvändning för summan av byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel, varav hushållselen utgör 30 till 40 kWh/m<sup>2</sup> år, *figur 14*, det vill säga något strängare än kraven för elvärme enligt BBR19. De rekommendationer som ges i Feby-12 för elvärme, med cirka 25 kWh/m<sup>2</sup> år, summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel, får i verkligheten betraktas som mer eller mindre utopiska för passivhus och lågenergihus såväl från teknisk som ekonomisk synpunkt.

### Helhetsgrepp och systemtänkande

Byggnader måste utformas med helhetsgrepp och systemtänkande för optimal samverkan mellan gestaltning, byggték-

nik och installationer samt utföras med noggrant arbetsutförande för isolering och tätningar samt vid injustering av värme och ventilation. Alla faktorer måste räknas med. Rätt teknisk lösning kan minska energianvändningen med 30 procent till bibehållen eller bättre inommiljö samt oförändrad eller lägre produktionskostnad. Individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen kan minska energianvändningen med upp mot 30 procent jämfört med kollektiv.

### Mindre energibehov med snabb reglering

Beräknade och uppmätta energiuppgifter avser oftast bara bostadshuset. Värderingar av olika tekniska lösningar måste ske på högre systemnivå än hittills inkluderande aktuella delposter för hushållsel, fastighetsel, kulvertar, ackumulatortankar och sidobyggnad. De sistnämnda är ofta sämre isolerade än bostadshusen. För att få god komfort och hög energieffektivitet bör värme- och lufttillförseln kunna rums- och behovstyras. Ju mindre husets värmebehov är desto mer snabbreglerat måste värmesystemet vara. Detta för att en allt större andel av värmeförlusterna måste täckas med gratisvärme främst från hushållsel, personer och solinstrålning.

### Passivhus måste värmas redan vid fem plusgrader ute!

Kombinerade värme- och ventilationssystem som luftvärme bör undvikas då de styrs med en centralt placerad termostat som ger lägre gratisvärmeutnyttjande och fler komfortstörningar. Nästan inga passivhus håller i verkligheten påstådda energinivåer. De kostar dessutom 10 till 15 procent mer att producera. Passivhus måste tillföras värmeenergi redan vid cirka fem plusgrader ute. Det är svårt att hålla jämn inomtemperatur i passivhus på grund av att rumsvis reglering saknas. Ju

större glasytorna är desto högre blir effekt- och energibehovet och desto svårare är det att hålla jämn inomtemperatur. Mindre fönsterytor ger lägre effekt- och energibehov samt färre komfortstörningar. Man kan bygga vackra hus även med små glasytor, det vill säga ner mot tio procent av golvarean.

### 45 cm isolering – både dyrt och riskfyllt

Hus ska ha optimala isolertjocklekar, cirka 300 mm mineralull eller likvärdigt i vägg och golv samt cirka 500 mm i tak, *figur 14*. Extrema isolertjocklekar som 450 mm i vägg etcetera bör undvikas på grund av passivhusens 10 till 20 procent högre byggkostnad, ökade livscykelkostnader och risker för fukt- och mögelskador. Hus ska göras så täta som är praktiskt möjligt. Frånluftsventilation och radiatorsystem med termostater som ger högst gratisvärmeutnyttjande. I nya småhus är det mest intressanta alternativet för värmeåtervinning frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Ju energisnålare huset i sig är desto mindre intressant är det med fjärrvärme bland annat eftersom kulvertförlusterna blir allt större procentuellt sett.

Möjligheterna att komma ner till ännu lägre energinivåer än kraven i BBR 19 synes i verkligheten vara mycket små med nuvarande förhållningssätt och regelverk. Energiforskning och FoU-arbeten måste ändra strategi och inriktas på helhetsgrepp och systemtänkande. Som att välja de delsystem som samverkar optimalt. En ventilation som inte fungerar tillsammans med valt värmesystem eller tvärtom, saboterar målet med låg energianvändning.

Beräkningsmetoder och laboratorietester av olika slag måste valideras och återkopplas mot verkliga förhållanden som råder i bebodda hus. Situationen liknar

den för bestämning av bilars bränsleåtgång, det vill säga ett standardiserat kör-sätt med delvis avstängd elektronik och apparater. Systematisk uppföljning och erfarenhetsåterföring måste ske.

Vid projektering och systemval är det viktigt att ha ett kritiskt förhållningssätt. Alltför många ägnar sig åt teorier och beräkningsvisioner. Uppföljning och systematisk erfarenhetsåterföring sker sällan och är dessutom många gånger bristfälligt utförd. Dokumentation med uppmätta värden måste krävas för olika tekniska lösningar innan de sätts i serieproduktion.

### Uppföljning av husbyggen gynnar seriösa byggare

Alltför ofta klarar inte byggnaden gällande krav eller projekterade värden. Därför måste uppföljning av energikraven skärpas så att inte seriösa företag missgynnas. Krävs inte uppföljning favoriseras mindre seriösa företag. Dessa kan då fortsätta leverera glädjekalkyler och lämna billiga anbud. Konkurrensen snedvrids därvid till förmån för oseriösa företag som lovar runt och håller tunt. ■

### Referenser

Ahnland, R (1996). *Luftvärme. Är argumenten för luftvärme ett önsketänkande? Praktiken visar på både ohälsa, dåligt inneklimat och höga driftskostnader*. Eget förlag, Västerås.

Boström, T mfl (2003). *Tvårvetenskaplig analys av lågenergihuset i Lindås Park, Göteborg*. Linköpings universitet, Program Energisystem, Arbetsnotat Nr 25, Februari 2003, Linköping. ISSN 1403-8307.

Boverket (2011). *Regelsamling för byggande, BBR19*. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.

Boverket (2014). *Skärpta värmehushållningskrav – redovisning av regeringens uppdrag att se över och skärpa energireglerna i Boverkets byggregler*. Rapport 2014:9 Regeringsuppdrag. Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.

Cajdert, A (1999). *Bo92 – ett slag i luften?* Bok om luftvärme får debattör att minnas bostadsmässan i Örebro. VVS-Forum, nr 2 1999. Stockholm (Uppsatsen är även publicerad i boken "Byggande med kunskap och moral").

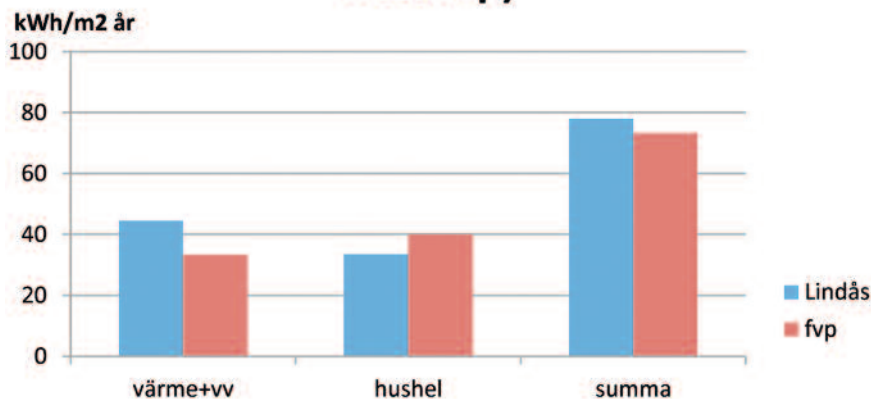
Cajdert, A red (2000). *Byggande med kunskap och moral. En debattskrift om sjuka hus, miljögifter och forskningsetik*. Örebro universitet, nr 1, Örebro. ISBN 91-7668-246-3.

Energimyndigheten (2012). *Energistatistik för småhus 2011*. Statens energimyndighet, ES 2012:04, Eskilstuna.

Harrysson, C (1988). *Småhusets energisättning. Analys med särskild hänsyn till ingående delposters variationer*. CTH, Avd för byggnadskonstruktion, Doktorsavhandling, Publ 88:2, Göteborg.

Harrysson, C (1994). *Innemiljö och energianvändning i småhus med elvärme*.

## Specifik total energianvändning och delposter; Lindås (passivhus) resp hus med fvp



Figur 14: Specifik total energianvändning och delposter för Lindås Park och "optimal" systemlösning med frånluftsvärmepump.

Enkätundersökning och mätningar i 330 gruppbyggda småhus med olika systemlösningar. Boverket, Publikationsservice, Rapport 1994:8, Karlskrona. ISBN 1104-5671.

Harrysson, C (1997). *Golvvärme eller radiatorsystem i småhus? Registrering av el-, gas- och vattenanvändning. Värdering genom praktiska mätningar enligt förlustfaktormetoden*. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.

Harrysson, C (2006). *Husdoktorn går ronden. En bok om sjuka hus och drabbade människor*. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg. ISBN-10 91-631-9272-1, ISBN-13 978-91-631-9272-2.

Harrysson, C (2009). *Variationer i energianvändning och inomhuskvalitet. Erfarenheter och rekommendationer*. Örebro universitet, Studies from School of Science and Technology, Nr 5, June 2009, Örebro. Rapporten kan laddas ner som pdf-fil på [www.oru.se/nt](http://www.oru.se/nt).

Harrysson, C (2010). *Erfarenheter och rekommendationer: Variationer i energianvändning och inomhuskvalitet hos flerbostadshus med olika tekniska lösningar*. Bygg & teknik 2/10, Stockholm.

Harrysson, C (2013). *Myter och sanningar. Lärdomar från några "energiprojekt" under 40 år*. Bygg & teknik 5/13, Stockholm.

Harrysson, C (2014). *Varför så svårt spara energi i småhus? Beprövad och*

*lättskött teknik ger lägst energianvändning*. Bygg och teknik 2/14, Stockholm.

Harrysson, C (2015). *Energianvändning och inomhusmiljö i småhus byggda på 2000-talet eller tidigare. Jämförelser mellan tio grupphusområden med olika tekniska lösningar. Uppmätta och beräknade värden, offentlig energistatistik, olika byggbestämmelser och praktiskt möjliga energinivåer*. Rapport, Örebro universitet.

Olesen, B & Zöllner, G (1987). *Experimentelle Untersuchung zum Energieverbrauch unterschiedlicher Heizsysteme bei untereinander vergleichbarer thermischer Behaglichkeit*. 9th Internationaler Velta Kongress. Velta, Nordestedt, Deutschland.

Olesen, B (1994). *Comparative Experimental Study of Performance of Radiant Floor-Heating Systems and a Wall Panel Heating under Dynamic Conditions*. ASHRAE Transactions Symposia 1994, Vol 100, Part 1, No 94-13-2.

Persson, T (2000). *Lågtemperatursystem – en kunskapsöversikt*. Högskolan i Dalarna, Centrum för solenergiforskning, EKOS, Borlänge. ISSN 1401-7555, ISRN DU-SERC-67-SE.

Persson, T (2005). *District Heating for Residential Areas with Single Family Housing – with Special Emphasis on Domestic Hot Water Comfort*. Lund Institute of Technology, Division of Energy Economics and Planning, Department of Heat

and Power Engineering, Doctoral Thesis, Lund. ISBN 91-628-6504-8.

Ruud, S & Lundin, L (2004). *Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem – resultat från två års mätningar*. SP, RAPPORT 2004:31, Borås. ISBN 91-85303-07-0, ISSN 0284-5172.

SCB (2012). *Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2012*. Statistiska Centralbyrån, Örebro. ISBN 978-91-618-1560-9.

Sveriges centrum för nollenergihus (2012). *Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus*. Bostäder, Feby 12, jan 2012, justerad 05 sept 2012.

Sörensen, S E (1981). *Energibesparing ved etterisolering av småhus*. NBI, særtryck 267, Oslo.

Welander, G (2015). Personlig kommunikation, Skara.

Hemsida: [byggochenergiteknik.se](http://byggochenergiteknik.se)

---