

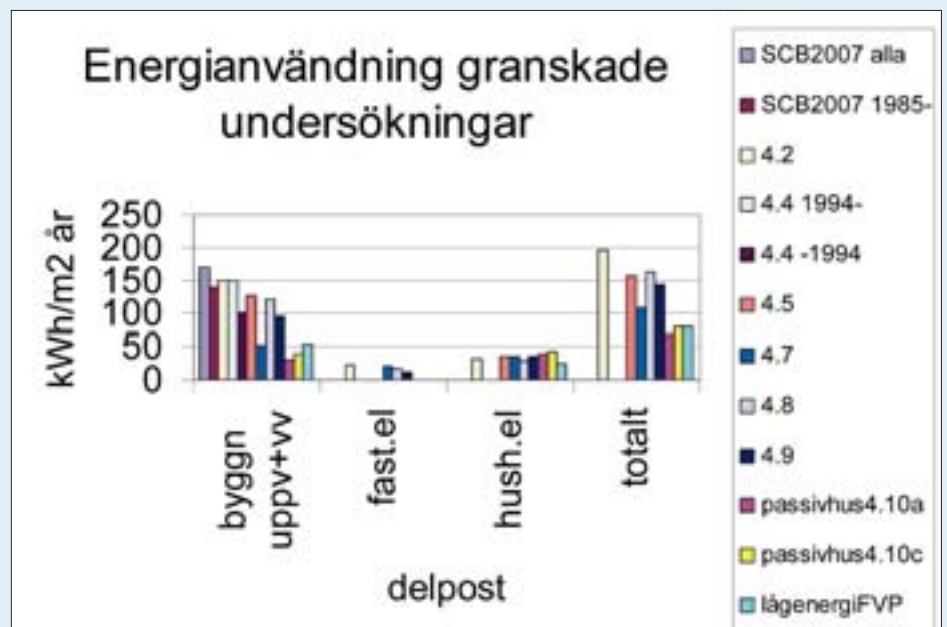
Artikelförfattare **CHRISTER HARRYSSON**  
 Sysselsättning **Professor, Örebro universitet**  
 Kontakt **christer.harrysson@oru.se**

# Energianvändning och innemiljö i flerbostadshus

Ett forskningsprojekt vid Örebro universitet visar att möjligheterna att spara energi i flerbostadshus med bibehållen eller förbättrad innemiljö är stora, med en potential kring 50 procent såväl i äldre som nyare hus. Erfarenheter baserade på praktiska undersökningar i bebodda hus visar att nämnda besparing i första hand kan uppnås genom rätt teknikval och förvaltningens kvalitet. Detta är den första av två artiklar som beskriver forskningsprojektet.

**INNEMILJÖ, ENERGIANVÄNDNING** och livscykelkostnad för flerbostadshus har studerats i många undersökningar utan någon vältäckande och enhetlig utvärderingsmetodik. Uppföljning och utvärdering görs sällan eller endast i begränsad omfattning. Följaktligen är det angeläget att närmare fastlägga såväl egenskaper hos vanliga flerbostadshus från olika epoker som vilka av dem som har goda lösningar med avseende på innemiljö, energianvändning och livscykelkostnad. Olika åtgärders inneboende möjligheter, lönsamhet och risker behöver närmare utredas såväl vid nybyggnad som vid ombyggnad. Inte minst därför att många flerbostadshus uppförda under miljonprogrammet 1964–1975 nu är i stort behov av renovering.

Ett projekt har genomförts med finansiering av SBUF, Peab, NCC och Örebro universitet, omfattande litteraturinventering, kunskapsammanställning och analys av ett antal genomförda undersökningar av flerbostadshus (se tabell 1). Undersökningarna, som utförts mellan åren 1995 och 2008, omfattar flerbostadshus med olika byggsätt och tekniska lösningar. Analysen har inriktats på innemiljö, energianvändning och livscykelkostnad. Bostadsområden med på marknaden vanliga lösningar för flerbostadshus behandlas, såväl som goda lösningar, lågenergihus och passivhus. För- och nackdelar med respektive lösning diskuteras. Kvantitativa uppgifter lämnas



Figur 1: Specifik energianvändning i granskade undersökningar, totalt respektive delposter för byggnadsuppvärmning och varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Detaljerade uppgifter om undersökningarna finns i tabell 1 och projektrapporten.

Anm: 4.10a. Solfångare bidrar med 8 kWh/kvm, år. 4.10c. Solfångares bidrag ej redovisat.

för total energianvändning, delposter och vattenanvändning.

Många olika tekniska lösningar förekommer. Några av dessa är bättre än andra, varför försök har gjorts att rangordna dessa. Med beräkningar kan man relativt snabbt bedöma inverkan av olika lösningar och

energiparåtgärder. Genom att upprätta energibalanser kan man förklara avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden. Gängse beräkningsmetoder liksom avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden har därför studerats.

Arbetet har inriktats på jämförelser mel-

Tabell 1

Referens	Parameter						
	Specifik energianvändning kWh/kvm, år				Ytbegrepp	Byggår	Antal hus/lgh
	Byggnuppv + varmv	Fastighetsel	Hushållsel	Totalt			
<b>SCB 2007 mv alla</b>	170				uppvärmd yta		
<b>SCB 2007 1985-</b>	140				uppvärmd yta	1985-	
<b>Harrysson (1997a)</b>	mv149 (87-208) 87	mv22 (11-34) 16	mv31 (18-44) 31	mv196 (134-247) 134	lägenhetsyta	1952-1994	395 lgh, 10 områden; bäst område
<b>Eriksson (2004)</b>	mv150 1994- mv100 -1994 (61-208)				uppvärmd yta (BOA+LOA)	1988-2002	37 hus
<b>Bo01, Nilsson (2003, 2004) Bagge (2007, 2008)</b>	mv104+23 =127 mvby (58-234) mvvv (19-25)	mv19,5 (6-52)	mv35 (22-47)	mv157 (100- 285/356)	BRA	2001	10 hus
<b>Sabo (2006)</b>	Summa energianvändning för byggnuppv+varmv+fastel; FTX: mv 170 (134-202), F: mv 162 (93-198), BVP: mv 81 (65-98), FVP: mv 103 (77-131)				(BOA+LOA)	1993-2002	72 hus
<b>Jöns Ols (Warfvinge 2005)</b>	31+10=41 40+13=53	16 21	27 35	84 109	BRA BOA	2000	1 hus
<b>Danielski &amp; Kunze (2008)</b>	mv94+27=121 (31-189) (18-55)	mv16 (2-37)	mv28 (10-54)	mv163 (70-334)	uppvärmd yta	1997-2002	77 hus
<b>Levin (2008)</b>	mv95	mv12	mv36	mv143	A <sub>temp</sub>	1992-2004	11 hus
<b>Passivhus, Ruud &amp; Lundin (2004), Jansson (2008)</b>	mv14,5+15,5 =29,9 ? mv+14 mv(20+19)=39	- mv5 -	mv39,1 ? mv42	mv69 <sup>a</sup> mv69 <sup>b</sup> mv81 <sup>c</sup> mv80 <sup>d</sup>	A <sub>temp</sub> ? A <sub>temp</sub> ? A <sub>temp</sub> ? A <sub>temp</sub> ?	2001 2006 2006 2004	20 lgh 40 lgh 12 lgh 35 lgh
<b>lågenergi fvp</b>	55		25	mv80			

lan uppmätta och beräknade energiuppgifter samt värdering av olika tekniska lösningar för isolering, täthet, värme och ventilation inklusive värmeåtervinning. Beskrivning av olika metoder för kvalitets-säkring och uppföljning har också ingått samt förslag till angelägna FoU-uppgifter. Huvudsakligen har energianvändningen under driftskedet behandlats, eftersom den normalt utgör 80 till 90 procent av energianvändningen under en byggnads livslängd.

### Avsevärda besparingsmöjligheter

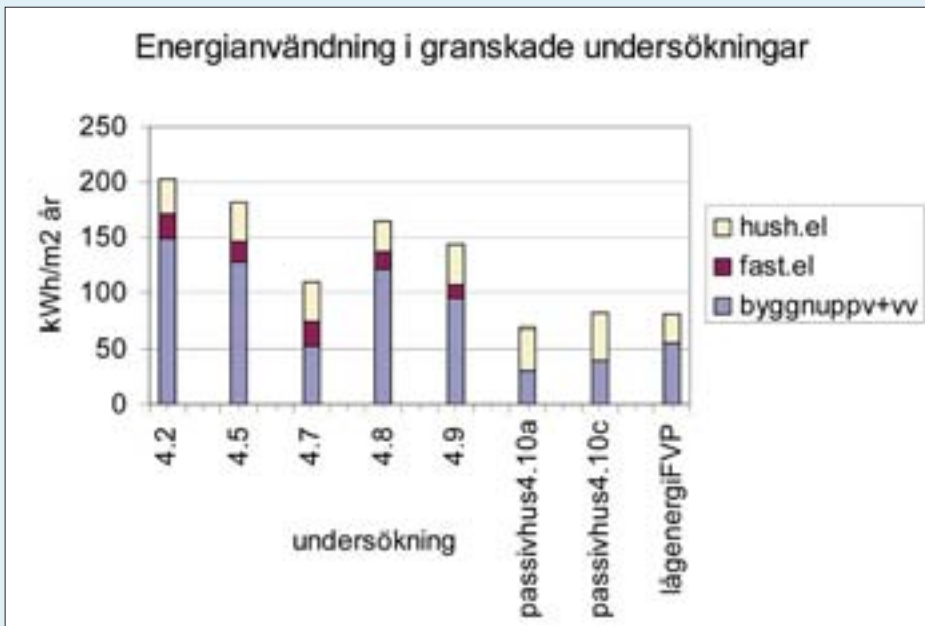
Sedan oljekrisen 1974 har ett stort antal undersökningar genomförts avseende inomhusmiljö och energianvändning i flerbostadshus. Undersökningarna omfattar såväl serieproducerade flerbostadshus som mer eller mindre utpräglade prov- och experimenthus. Resultaten visar att potentialen

för energibesparing i flerbostadshus är stor, cirka 50 procent, med storleksordningen 80-100 kWh/kvm, år som rimliga mål för såväl nyare som äldre flerbostadshus. Av största betydelse för att nå detta mål är teknikval och förvaltningens kvalitet. Exempel finns på lågenergihus med frånluftsvärme-pump och passivhus som ligger i närheten av dessa värden. Värdet av energisparåtgärder som ökad isolering, förbättrad täthet och lämpliga energisparapparater är således betydande från hälso- och ekonomisynpunkt både för konsumenterna och den globala miljön. Kunskaper om hur dessa mål ska nås finns, men används inte i tillräcklig utsträckning.

Energianvändningen under driftskedet är hög i flerbostadshus, i medeltal cirka 200 kWh/kvm, år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Det finns dock nyare flerbos-

stadshus som ligger runt 100 kWh/kvm, år. Energistatistik visar att flerbostadshus per kvm boarea har drygt 50 procent högre total energianvändning än gruppbyggda småhus. Dessutom har flerbostadshusen uppemot 30 procent högre produktionskostnad. Uppgifter finns, i till exempel Josephson och Saukkoriipi (2005) och Harrysson (2006), som visar att såväl produktions- som driftkostnaderna kan sänkas med 30 procent.

Under 1970-talet sjönk energianvändningen för byggnadsuppvärmning och varmvatten i flerbostadshus. Exempelvis har hus med fjärrvärme byggda i början av 1980-talet cirka 20 procent lägre energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten än äldre hus, 140 kWh/kvm, år respektive cirka 170 kWh/kvm, år, se *tabell 1* och *figur 1*. Offentlig statistik visar vidare att energianvändningen i nya flerbostadshus inte har minskat sedan mitten på



Figur 2: Specifik energianvändning i granskade undersökningar för delposterna byggnadsuppvärmning och varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Detaljerade uppgifter om undersökningarna finns i tabell 1 och projektrapporten. Anm: 4.10a. Solfångare bidrar med 8 kWh/kvm, år. 4.10c. Solfångares bidrag ej redovisat.

1980-talet trots flera nya byggbestämmelser med mera. Orsakerna till detta är flera, till exempel:

- ▶ Stora glasytor som medför komfortstörningar samt ökade värme- och kylbehov med högre effekt- och energianvändning
- ▶ Komplicerade lösningar för värme och ventilation, till exempel FTX-ventilation med liten energibesparing samt golvvärme som kan vara både energislösande och trögreglerad
- ▶ Kollektiv mätning och debitering av energi- och vattenanvändning i flerbostadshus
- ▶ Att många hus med fjärrvärme saknar värmeåtervinning
- ▶ Nya hus har ofta ventilation med större uteluftsflöden än äldre.

### Stora variationer

Stora variationer i energianvändning, inom miljö och livscykelkostnad förekommer mellan olika husområden. Inverkan av olika faktorer samt begrepp och definitioner för till exempel specifik energianvändning och golvyta belyses i detta projekt bland annat genom känslighetsanalys.

Den totala energianvändningen utgörs av delposter för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel, figur 2. Svårigheter föreligger i regel att tolka och jämföra uppgifter från olika undersökningar när man inte klart angivit om den totala energianvändningen eller någon/några av delposterna avses. En del undersökningar saknar uppgifter om hushållsel beroende på att det är relativt arbetskrävande att samla in dessa. I andra undersökningar ingår enbart energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten, eventuellt med tillägg för fastighetsel.

Stora skillnader i energianvändning, inom miljö och livscykelkostnad föreligger

även mellan olika lägenheter och flerbostadshus. Detta beror bland annat på:

- ▶ Olika brukarvanor som kan ge skillnader på 10 000 kWh/år
- ▶ Hur energi- och vattenanvändningen mäts och debiteras, individuellt eller kollektivt, kan påverka användningen med upp till 30 procent
- ▶ Brukarvanor och förvaltningens former och kvalitet mellan områden med likartad teknisk lösning kan påverka den totala energianvändningen med 50 procent
- ▶ Kvalitet och utförande på arbetet under byggskedet för isolering, tätning, injustering av värme- och ventilationssystem kan ge skillnader i energianvändning med 5 000 kWh/år
- ▶ Teknisk lösning för isolering, tätning, värme, ventilation och återvinning kan påverka energianvändningen med 30 procent.

(Samtliga uppgifter ovan avser småhus.)

Det är mer regel än undantag att energianvändningen skiljer sig åt mellan likadana byggnader bland annat beroende på arbetsutförandets kvalitet (täthet, isolering, injustering av värme- och ventilationssystem) samt brukarvanor. Även upplåtelseformen har betydelse. Exempel finns på likartade områden där hyresrätter har dubbelt så hög energianvändning som bostadsrätter.

### Areabegrepp

Olika begrepp och definitioner har använts i de granskade undersökningarna till exempel för area, varför det är svårt att jämföra bland annat energiuppgifter. Fastigheter har olika slags ytor. Lägenheterna förväntas per ytenhet ha högre energianvändning än gemensamma utrymmen (trapphus, korridorer, källare etcetera), vilket beror på högre temperatur, högre luftflöden, varmvattenanvändning, elektrisk utrustning med

mera. Genom att öka andelen gemensamma ytor kan fastighetens specifika energianvändning (energianvändning per ytenhet) sänkas. Exempel finns som kan betyda upp till 35 kWh/kvm, år. Om gemensamma ytor i flerbostadshus antas till 15 respektive 25 procent av BOA och energiuppgifter baseras på summan (BOA + BIA) i stället för BOA erhålls 10–20 procent lägre specifik energianvändning vid nivån 100 kWh/kvm, år respektive 15–20 procent vid nivån 200 kWh/kvm, år. Boverket rekommenderar omräkningsfaktorer från (BOA + LOA) till  $A_{temp}$  med 1,25 för byggnader med uppvärmd källare och 1,15 för byggnader utan källare.

### Helhetsgrepp och systemtänkande

Bäst resultat når man genom att se byggnaden som ett energisystem och beakta samspelet arkitektur–byggt teknik–installationer, överbyggnad–grund och så vidare. Systembrister kan undvikas genom bättre utformning och regelbundet underhållsarbete. Mer komplicerade lösningar ställer högre krav på välutbildad personal och brukare än enkla lösningar.

Vid utformning av nya hus måste man särskilt beakta byggnadens arkitektoniska utformning, klimatskalets värmeförluster samt hushålls- och värmeapparaters energieffektivitet, så att den tillförda energin bättre tas tillvara. Redan i dag finns hus som är bättre än Boverkets energikrav. Det är viktigt att sprida kunskap om goda lösningar, så att alla kan få kännedom om och välja dessa samt verka mot samma mål.

Korrelationen är stark mellan den totala energianvändningen och fastighetens omslutande yta. Lågenergihus bör med andra ord ha så liten kvot som möjligt mellan omslutande yta och bostadsyta. Exempel finns där energianvändningen kan minskas med 60 kWh/kvm, år om kvoten minskas från 1,4 till 1,0. Fler personer per kvm kan minska energianvändningen för byggnadsuppvärmning. Å andra sidan är el och varmvatten beroende av brukarvanor men också av antalet boende. Fler personer per kvm bostadsyta ökar energianvändningen per ytenhet både för el och varmvatten. Genom energiomvandling från elenergi till värmeenergi blir dessa delposter delvis gratisvärme i fastigheten, vilket minskar behovet av byggnadsuppvärmning. Vid fungerande termostater minskas därigenom energianvändningen för byggnadsuppvärmning medan energianvändningen per person för varmvatten och el kan komma att förbli densamma.

### Värme- och ventilationssystem

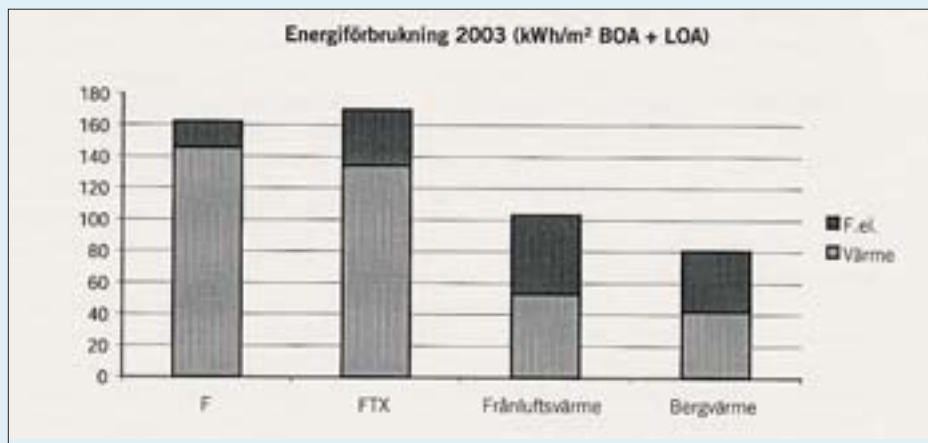
Krav på värmeåtervinning, speciellt vid användning av ventilationsvärmväxlare, måste vägas mot högre investeringskostnader samt kraftigt ökade drift- och underhållskostnader för filter, kanalrens-

ning, injustering med mera. Fläktarna drar elenergi även när värmeåtervinning inte behövs. Problemen med övertemperaturer sommartid ökar såvida man inte har bypass-kanal, som kopplar bort värmeväxlarenheten under den varma årstiden. FTX-ventilation kräver stor kunnsighet och noggrannhet både vid installation och drift.

Fältundersökningar, till exempel Svensson m fl (2005), Sabo (2006), visar att brukarna är avsevärt mer missnöjda med frånlufts-/tillluftsventilation än enbart frånluftsventilation, eftersom brukarna ofta riktar allvarlig kritik mot frånlufts-/tillluftssystem på grund av drag, nedsmutsning i tak, buller samt att man ifrågasätter om luften är frisk. Tillförseln av uteluft, som ersättning för den utventilerade luften, måste å andra sidan ägnas stor omsorg för att inte orsaka drag, när det är kallt ute.

För FTX-system visar sammanfattningsvis projektet att:

- ▶ Energibesparingen helt eller delvis utblivit på grund av olämpligt placerade samt dåligt isolerade kanaler och aggregat
- ▶ Tilluftstemperaturen oftast styrs av en centralt placerad termostat, vilket medför lågt gratisvärmeutnyttjande. Termostaten styr eftervärmningen av tilluften, om den inte värmts tillräckligt efter värmeväxlaren



Figur 3: Medelvärdet för summa energianvändning, kWh/kvm (BOA + LOA) för värme, varmvatten och fastighetsel år 2003 för fastigheter med F- och FTX-ventilation samt fastigheter med frånlufts- och bergvärmepump. Källa: Sabo (2006).

- ▶ Ventilationsaggregatet (ventilationsvärmeväxlaren) har låg "praktisk" verkningsgrad
- ▶ Sannolikheten för övertryck inne relativt ute är högre med större risker för fuktskador i klimatskärmen. Frånluftsflödena minskar i regel snabbare än tilluftsflödena på grund av försmutsning
- ▶ Betydande risker för hälsoproblem föreligger på grund av förorena(n)de ventilationssystem (kanaler, filter, växlare, luftvär-

meaggregat med mera), vilket kan resultera i irriterade slemhinnor, astma och allergier. Dessutom kan ljudstörningar uppkomma i form av lågfrekvent buller etcetera. Under luftvärmedebatten på 1980- och 1990-talen framkom uppgifter om att minst 20 procent av husen gett allvarliga hälsoproblem för de boende, Harrysson (1994, 1997a).

En av de granskade undersökningarna, tabell 1 avsnitt 4.6, har genomförts av Sabo i 72 "vanliga" fastigheter byggda mellan

## Litteraturlista i urval

- ▶ **Harrysson, C** (2009). Variationer i energianvändning och inomhusmiljö. Erfarenheter och rekommendationer. Örebro universitet, Studies from the 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).
- ▶ **Adalberth, K** (1995). Bygga Bruka Riva. Energianvändning i småhus ur ett kretslopps-perspektiv. LTH, Avd för byggnadsfysik, Rapport TVBH-3027, Lund. ISBN 91-88722-04-X.
- ▶ **Bagge, H** (2007). Energy Use in Multi-family Dwellings. Measurements and Methods of Analysis. LTH, Building Physics, Report TVBH-3049, Lund. ISSN 0349-4950, ISBN 978-91-88722-37-9.
- ▶ **Bagge, H** (2008). Energianvändning i moderna flerbostadshus – resultat från mätningar i 200 lägenheter. Bygg & teknik 2/08, Stockholm.
- ▶ **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.
- ▶ **Danielski, I & Kunze J** (2008). Large variation in utilized energy with new buildings in Stockholm causes and solutions. KTH, Industrial Engineering and Management, Master of Science Thesis EGI 2008/ETT 439, Stockholm.
- ▶ **Eriksson, R** (2004). Energianvändning i flerbostadshus – fallstudie av 37 hus byggda i Göteborg 1988–2002. CTH, Institutionen för byggnadsteknologi, Byggnadsfysik, Examensarbete för civilingenjörsutbildningen Väg- och Vattenbyggnad nr 993, E-04:10, Göteborg.
- ▶ **Harrysson, C** (1994). Innemiljö och energianvändning i småhus med elvärme. Enkätundersökning och mätningar i 330 gruppbyggda småhus med olika systemlösningar. Boverket, Publikationsservice, Rapport 1994:8, Karlskrona.
- ▶ **Harrysson, C** (1997a). Innemiljö och energianvändning i flerbostadshus. Enkätundersökning och tekniska mätningar i 395 lägenheter med olika systemlösningar. Boverket, Publikationsservice, Rapport 1997:7, Karlskrona.
- ▶ **Harrysson, C** (1997b). Golvvärme eller radiatorsystem i småhus. Värdering genom praktiska mätningar enligt förlustfaktormetoden, registrering av el-, gas- och vattenanvändning samt enkätundersökning. Bygg- och Energiteknik AB, Falkenberg.
- ▶ **Harrysson, C** (2006). Byggbranschens behov av förnyelse – en väg till småhus med lägre livscykelkostnader. Bygg & teknik 5/06, Stockholm.
- ▶ **Harrysson, C** (2008a). Klimatsmarta flerbostadshus och energismarta hyresgäster kan tillsammans spara 50 procent energi. Erfarenheter av inomhusmiljö, energianvändning och livscykelkostnader för några lösningar och undersökningar. Bygg & teknik 3/08, Stockholm.
- ▶ **Harrysson, C** (2008b). Passivhus kräver aktiva byggare och brukare. Möjligheter och risker med passivhus och olika lågenergi-koncept. Bygg & teknik 6/08, Stockholm.
- ▶ **Jansson, U** (2008). Nya passivhus i Sverige. Väg- och vattenbyggaren nr 5/2008, Stockholm.
- ▶ **Josephson, P-E & Saukkoriipi, L** (2005). Slöseri i byggprojekt. Behov av förändrat synsätt. Sveriges Byggindustrier, FoU-Väst, Rapport 0507, Göteborg. ISSN 1402-7410.
- ▶ **Levin, P** (2008). Energieffektiva flerbostadshus – erfarenheter. BeBo, Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus, [www.bebostad.se](http://www.bebostad.se), Stockholm.
- ▶ **Nilsson, A** (2003, 2004). Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö. LTH, Avd för byggnadsfysik, Rapport TVBH-3045, Lund. ISBN 91-88722-30-9.
- ▶ **Ruud, S & Lundin, L** (2004). Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem – resultat av två års mätningar. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport 2004:31, Borås. ISBN 91-85303-07-0, ISSN 0284-5172.
- ▶ **Sabo** (2006). Energiförbrukning i nybyggda flerbostadshus – hög förbrukning, fyra slående undantag samt ett gott exempel. Stockholm.
- ▶ **SCB** (2007). Bostads- och byggnadsstatistisk årsbok 2005. Statistiska Centralbyrån, Örebro. ISBN 0349-4713.
- ▶ **Svensson, B, Järvegren, P-O, Ekelund, H & Sandin B** (2005). Inomhusklimatet viktigare än energisparande. VVS-Forum nr 5/2005, Stockholm.
- ▶ **Warfvinge, C** (2005). Kv Jöns Ols i Lund – energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik, Pnr 12809-1, Statens Energimyndighet Eskilstuna, Rapport från WSP Environmental Byggnadsfysik Malmö.

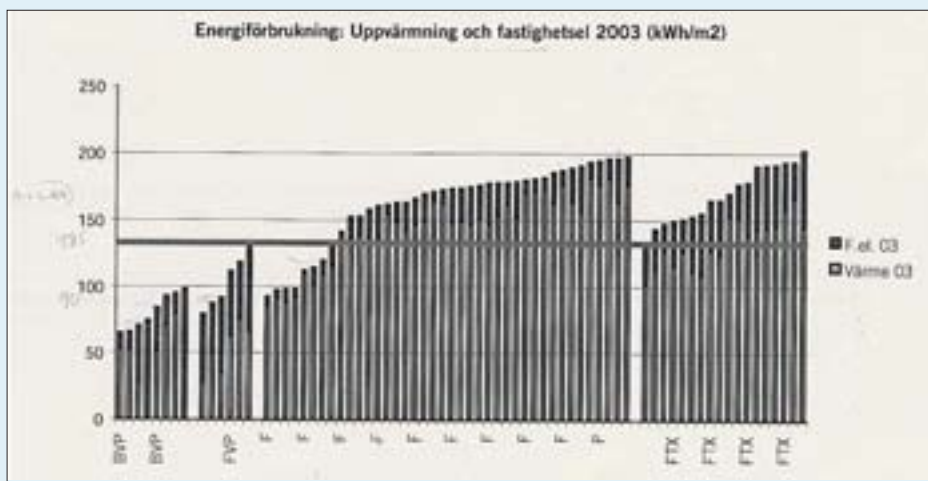


1993 och 2002 med olika värme- och ventilationssystem. Summa energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel har, se figur 3 och 4, uppmätts för:

- FTX-ventilation: medelvärde 170 kWh/kvm, år med variationer mellan 134 kWh/kvm, år och 202 kWh/kvm, år
- F-ventilation: medelvärde 162 kWh/kvm, år med variationer mellan 93 kWh/kvm, år och 198 kWh/kvm, år
- Bergvärmepump: medelvärde 81 kWh/kvm, år med variationer mellan 65 kWh/kvm, år och 98 kWh/kvm, år
- Frånluftsvärmepump: medelvärde 103 kWh/kvm, år med variationer mellan 77 kWh/kvm, år och 131 kWh/kvm, år.

Areal avser (BOA+LOA). Energianvändningen för byggnadsuppvärmning och varmvatten är något lägre för hus med FTX-ventilation än för F-ventilation. Å andra sidan använder FTX-systemet mer fastighetsel och energianvändningen är därför totalt sett högre. Korrigering för olika stor ventilation måste göras.

Ytterligare faktorer finns som påverkar fastigheternas energianvändning. Uppvärmning med värmepumpar ger totalt sett lägre energianvändning. Fastigheterna med frånluftsvärmepumpar drar något mer energi än de med bergvärmepumpar, men då har fastigheterna med bergvärmepum-




**Figur 4: Energianvändning för värme, varmvatten och fastighetsel år 2003, kWh/kvm (BOA + LOA), i "vanliga" bostäder, 72 fastigheter. Den horisontella grova linjen markerar nivån för BBR 2006, södra zonen, omräknad till BOA + LOA. Källa: Sabo (2006).**

par enbart köpt el som energikälla, medan för fastigheter med frånluftsvärmepump kan en annan energikälla, till exempel fjärrvärme, användas för byggnadsuppvärmning och varmvatten.

### El eller fjärrvärme

De flesta nyare småhus har elvärme och flertalet nyare flerbostadshus har fjärrvärme. Ett visst motsatsförhållande råder mellan energisnåla hus och energisnåla

tillförselsystem. Det bästa för miljön är naturligtvis en kombination av dessa två. Stor oenighet råder om vad som är bäst, el eller fjärrvärme. En del anser att passivhusen inte passar i fjärrvärmeområden av ekonomiska skäl bland annat beroende på avsevärda kulvertförluster med flera tiotal procent. Andra menar att vindkraftsbaserad elvärme är en hållbar lösning, även om kompletterande energi kan komma från kolkraftverk. 



## Kåpor med ledande teknik

Vårt nya cyklonfilter Cyklotec® imponerar med överlägsen fettavskiljning, också vid variabla luftflöden. De unika luftdonen är elegant integrerade i kåpens sidor. Tekniken har vi dolt bakom donets front. UV-filtrering för värmeåtervinning och brandsläcksystem är självklara tillbehör.



Kåpa med luftdon, cyklonfilter och infälld belysning. Ett exempel ur marknadens största sortiment med lösningar för alla storkök - stort som litet

 **ACTICON**  
smartare ventilation

Tel. 036-37 07 90  
www.acticon.se

Artikelförfattare **CHRISTER HARRYSSON**  
 Sysselsättning **Professor, Örebro universitet**  
 Kontakt **christer.harrysson@oru.se**

# Energianvändning och innemiljö i flerbostadshus

Detta är den andra av två artiklar som behandlar resultat och slutsatser från ett forskningsprojekt vid Örebro universitet där man visar att möjligheterna att spara energi i flerbostadshus med bibehållen eller förbättrad innemiljö är stora, med en potential kring 50 procent såväl i äldre som nyare hus. Bland annat ges rekommendationer för såväl nya som äldre flerbostadshus.



**STOR ENIGHET RÅDER** i branschen om att man i nya hus i första hand bör satsa på byggtekniska åtgärder som ökad isolering och tätning av klimatskalet samt måttligt stora (10 till 15 procent av golvytan) energieffektiva fönster med tillräcklig solavskärmning. Åsiktsskillnader föreligger naturligtvis om valet av isolertjocklek och täthet liksom fönstrens U-värde. Klart är att energieffektivare och mindre fönster sparar både effekt och energi. Till och med en del passivhusförespråkare rekommenderar numera begränsning av fönstertyorna, eftersom fönstren nattetid fungerar som "svarta hål", vilka kan släppa ut cirka 30 W/kvm fönsteryta, när det är -10 °C ute.

Oenigheten vid utformning av nya byggnader gäller främst valet av värme- och ventilationssystem samt av energislag som fjärrvärme, el, biobränsle, sol, vind etcetera. Värmeåtervinning ur ventilationsluften sker huvudsakligen på två principiellt olika sätt:

- ▶ Frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmväxlare
- ▶ Frånluftsventilation med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och/eller värmning av varmvatten.

En vanlig lösning för nya flerbostadshus består av måttlig isolering, FT- eller F-ventilation med värmeåtervinning och fjärrvärme. Boverkets nya bestämmelser leder till ökad andel FTX-system. I flerbostadshus kan värmesystem respektive ventilationssystem antingen vara gemensamma för hela byggnaden eller individuella lägenhetssystem.

Nya energisnåla hus uppförs enligt två huvudalternativ: lågenergihus med från-

luftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten respektive passivhus. I *tabell 1* visas några tekniska skillnader mellan de båda huvudalternativen.

## Lågenergihus

En lösning som visat sig ge goda erfarenheter består av frånluftsventilation med frånluftsvärmepump eller utelufts-/frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten, samt vattenradiatorer och eventuell komfortvärme som elektrisk golvvärme i våtrum med klinkergolv.

Energieffektiva byggnader ska ha ett flexibelt värmesystem samt styr- och reglerutrustning som möjliggör noggrann reglering

av värmeförseln och ett högt gratisvärmeutnyttjande. I första hand bör man välja vattenradiatorer med radiatortermostater. Ventilationssystemet ska vara enkelt med litet underhållsbehov och minimala risker för hälsoproblem. Som installationstekniska åtgärder rekommenderas därför:

- ▶ Individuell mätning av energi- och vattenanvändning i stället för kollektiv
- ▶ Frånluftsventilation med så dragfri tillförsel av uteluft som möjligt
- ▶ Vattenradiatorer
- ▶ Värmeåtervinning med frånluftsvärmepump (alternativt utelufts-/frånluftsvärmepump) för byggnadsuppvärmning och varmvatten

## Tabell 1

Några tekniska skillnader mellan de båda huvudalternativen.

Huvudalternativ	Parameter					
	Väggisolering mineralull mm	Ventilation typ	Värme-system	Återvinning	Reglering av värmeförseln	Utförandekrav
Passivhus	430	FT <sup>c</sup>	saknas	vx <sup>b</sup>	En centralt placerad termostat	Särskilda, speciellt för täthet
Lågenergihus	300	F <sup>d</sup>	radiatorer <sup>a</sup>	FVP <sup>e</sup>	Radiatortermostat	Fabrikatsberoende

Anm:

- a) Golvvärme ökar den totala energianvändningen i driftskedet med 20–30 procent.
- b) vx = ventilationsvärmväxlare
- c) FT = frånlufts-/tilluftsventilation
- d) F = frånluftsventilation
- e) FVP = frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten

► Solfångare, eventuellt även solceller (hittills med låg lönsamhet). Solfångare fördrar en ackumulatortank.

Basenergin hämtas ur frånluften och uteluften eller under det ljusare halvåret från solen. Tillsatsenergin kan utgöras av el, fjärrvärme, biobränsle med mera. Det är en fördel om "basenheten" i huset är en ackumulatortank till vilken olika värmekällor kan dockas.

Lågenergihus med frånluftsvärmepump har principiellt använts sedan mitten på 1980-talet samt visat sig vara fabriksberoende och inte ställa särskilda krav på projektörer, byggare och brukare.

## Passivhus

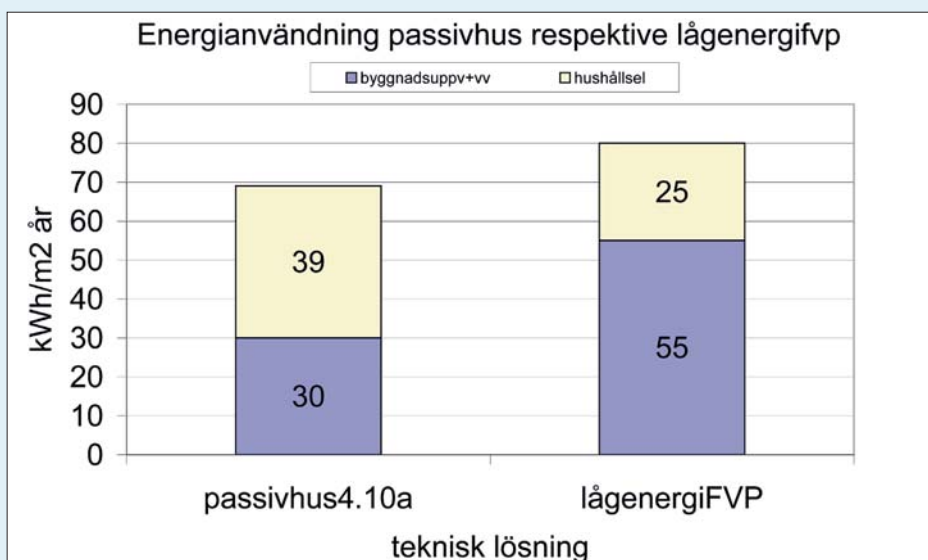
Passivhusalternativet utgörs av tjock isolering, luftvärme samt frånluft-/tilluftventilation med ventilationsvärmväxlare. De flesta hittills byggda passivhus är elvärmda eftersom de har ett elbatteri inbyggt i ventilationsaggregatet. I några fall har de ett vattenbatteri kopplat till fjärrvärme som tillsatsvärme.

Nackdelar med passivhus är bland annat:

- Risk för högre effekt- och energibehov samt kraftigt förhöjda innetemperaturer vår, sommar och höst på grund av stora glasytor
  - Risk för ökad energianvändning på grund av större distributionsförluster med installationer placerade i klimatskalet
  - Kombinerat värme- och ventilationssystem. Större variationer i innetemperatur och minskat utnyttjande av gratisvärme med en centralt placerad termostat i ventilationsaggregatet, som inte heller har möjligheter att åstadkomma olika temperaturer i olika rum varken i en- eller tvåplanshus
  - Risk för hälsoproblem för de boende med kanaliserad tilluft och luftvärme på grund av förorenade kanalsystem och växlare samt lågfrekvent buller
  - Underhållskostnaderna är betydande för kanalrensning, filterbyte etcetera
  - Ökad risk för fukt- och mögelproblem i klimatskalets yttre partier på grund av större isolertjocklek respektive på grund av ökad risk för övertryck inne vid frånluft-/tilluftventilation
  - Risk för minskad uttorkningseffekt av klimatskalet vid tjockare isolering
  - Risk för ökad fuktbelastning av klimatskalet på grund av utförandebrister
  - Ju tjockare isoleringen är desto mindre är energibesparingen av den sista centimetern det vill säga marginalnyttan minskar.
- Passivhusen kräver särskild utbildning av projektörer, byggare och brukare. Detta gäller speciellt för att bygga tätt. Såväl före- som språkare som större hus- och byggföretag är skeptiska till om man generellt kan uppfylla så höga kvalitetskrav i en stor och geografiskt spridd organisation.

## Ökad isolertjocklek

Livscykelanalys av ytterväggar med träpanel och mineralullsisolering med tjockle-



Figur 1: Total energianvändning i passivhus och lågenergihus med frånluftsvärmepump för delposterna byggnadsuppvärmning+varmvatten samt hushållsel. För passivhus tillkommer 8 kWh/kvm, år från solfångare. Källa: C Harrysson (2009).

karna 290 respektive 490 mm visar att skillnaden i total energianvändning för byggnadens beräknade livslängd (50 år) är drygt en procent, Adalberth (1995). Detta torde inte uppväga de nackdelar som ytterligare 200 mm mineralullsisolering medför. Större väggdjocklekar ger ökade risker för byggsador och innemiljöproblem enligt ovan, mindre inneryta eller större ytteryta med ökade tomt- och grundläggningskostnader samt högre transportkostnader framförallt beroende på större materialmängder och fraktvolymen vid fabriksstillverkning som storblock eller volymelement etc. Dessutom är tillverkningen av mineralull inte fri från miljöpåverkan. Inte minst avges stora mängder koldioxid, när exempelvis diabas smälts med koks för att kunna spinnas till stenull.

Uppgifter finns om att passivhusen kostar cirka 100 000 kronor mer per lägenhet/småhus med åtgärder som sparar cirka 5 000 kWh/år jämfört med traditionellt utförda hus. Andra uppgifter som nämnts är cirka 10 procent högre produktionskostnad. Det är osäkert om alla merkostnader ingår i dessa uppgifter, Harrysson (2008b).

## Slutsatser

Passivhusen ställer speciella krav på projektörer, byggare och brukare för att man i praktiken ska nå avsedda kvaliteter. Praktiska erfarenheter visar att den totala energianvändningen i driftskedet ligger runt 80 kWh/kvm, år, obetydligt under lågenergialternativet med frånluftsvärmepump, figur 1-3. Livscykelanalys för ökning av isoleringen i ytterväggar från 290 till 490 mm visar på en energivinst med drygt en procent vid livslängden 50 år. Nämnade energivinster uppväger inte de ökade riskerna för byggsador, innemiljöproblem eller den miljöpåverkan som tillverkningen ger upphov till.

## Äldre hus

Energisparåtgärder i äldre hus ska genom-

föras vid ett och samma tillfälle och vara sådana att de ger optimal påverkan för nedlagda resurser. Ett åtgärds paket, ett antal åtgärder, bör sättas in genom en koncentrerad insats som höjer huset till i det närmaste energimässiga nybyggnadsstandard. Åtgärder kan både samverka alternativt helt eller delvis motverka varandra exempelvis ökad isolering kombinerat med värmepump.

Ytterligare insatser ska inte behövas inom överskådlig framtid, vilket är en fördel för brukarna, då man därigenom undviker återkommande störningar. Sparandet blir mer genomtänkt, lönsamheten högre och resultatet tillförlitligare.

Åtgärder för att minska driftkostnader och spara energi kan indelas i tre grupper:

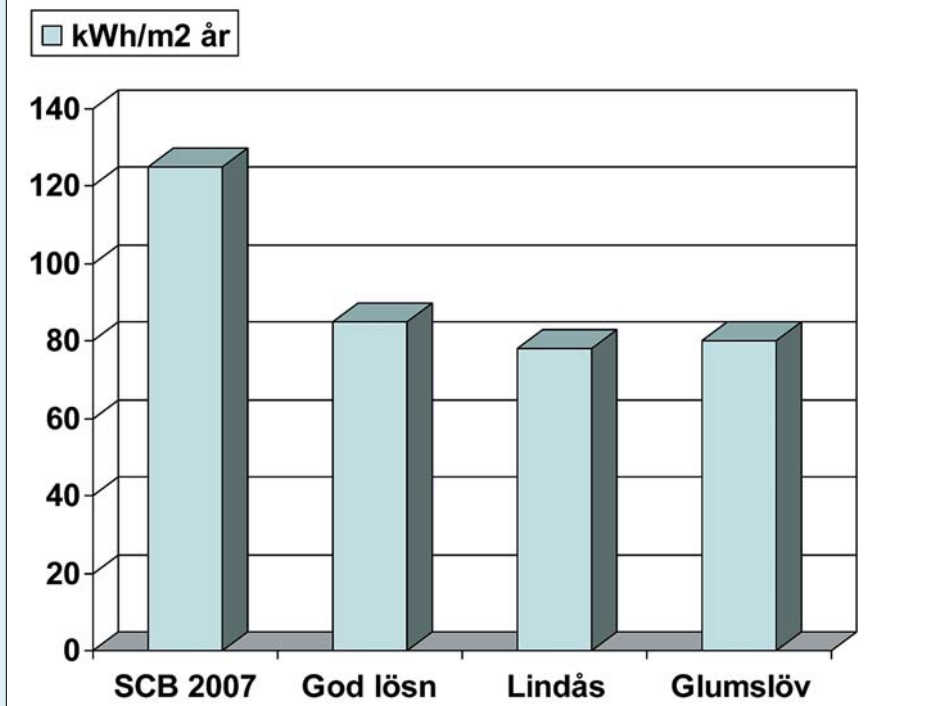
- Energileverantör, till exempel för fjärrvärme och el
- Brukarvanor
- Tekniska åtgärder, byggnads- respektive installationstekniska
  - närliggande med hög lönsamhet
  - långtgående med låg lönsamhet

I rapporten redogörs för principiellt olika strategier tillämpliga på äldre hus. Exempel på lämpliga kombinationer av närliggande åtgärder kan vara:

- Justera värme- och ventilationssystem. Förse värmesystemet med termostatventiler samt motorshunt med utegivare och framledningskännare
- Värmeåtervinning, i första hand med frånluftsvärmepump
- Individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändning
- Tilläggsisolering av vindsbjälklag och temperaturreglering
- Tilläggsisolering av vindsbjälklag, tätning av byggnad samt justering av ventilationssystem

Exempel på långtgående åtgärder är byte till nya energieffektiva fönster och ökad väggisolering. Dessa åtgärder kan endast

## Total energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel



Figur 2: Total energianvändning för vanliga småhus enligt SCB, lågenergihus (god lösning) med frånluftsvärmepump respektive passivhusområdena Lindås och Glumslöv. Källa: C Harrysson (2009).

motiveras när fönster och fasad ändå måste bytas till exempel vid rötaangrepp.

### Beräknad kontra uppmätt energianvändning

Värmebehovskraven har successivt skärpts, vilket medfört minskat behov av inköpt energi samt ändrade förhållanden mellan förlust- och tillskottsposter i effekt- och energibalansen. Ventilationsförluster och momentana transmissionsförluster genom fönster är ofta större än de tidsfördröjda transmissionsförlusterna genom opaka byggnadsdelar som tak, väggar och golv. Ju energisnålare huset i sig är utformat desto större andel utgör gratisvärme av det totala behovet för byggnadsuppvärmning. Gratisvärme utgör därmed en relativt sett större del av den totala energianvändningen med ökade svårigheter att tillvara detta för byggnadsuppvärmning utan besvärande övertemperaturer.

Förväntade energibesparingar av olika åtgärder har ibland helt eller delvis uteblivit, Nilsson (2003, 2004), Bagge (2007), Cajdert (2000), Harrysson (1997b). Betydande avvikelser har konstaterats mellan uppmätt och beräknad energianvändning särskilt i byggnader med stora glasytor och/eller med luft- eller golvvärme. I ett antal prohusområden, ekobyar och boutställningar har ovanligt hög energianvändning uppmätts jämfört med beräknade värden. Exempelvis har man för ekobyen Under-

stenshöjden uppmätt den totala energianvändningen (summa för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel) till 300 kWh/kvm, år jämfört med den beräknade 140 kWh/kvm, år. Efter ombyggnad har man fått ner energianvändningen till 200 kWh/kvm, år.

I Bo01 ligger den uppmätta totala energianvändningen huvudsakligen mellan 120 och 200 kWh/kvm, år medan ett av husen har mycket hög total energianvändning, 350 kWh/kvm, år. Kravet var att man skulle klara 105 kWh/kvm år. Avvikelserna är stora gentemot beräknade värden som ligger mellan 77 kWh/kvm, år och 107 kWh/kvm, år.

Nya flerbostadshus har som nämnts andra värmetekniska egenskaper än äldre för vilka gängse beräkningsmetoder tagits fram och kalibrerats. Ökade kunskaper behövs därför om den totala energianvändningen och delposternas storlek, variationer och beroenden. I annat fall kan den förväntade besparingen utebli, helt eller delvis. Exempel på "fenomen" som måste beaktas för att undvika fel vid bestämning av energibalanser och beräkning av energibesparingar är:

- ▶ Ju tjockare isolering desto kortare blir uppvärmningssäsongen
- ▶ Större fönsterytor ger ökad effekt- och energianvändning samt mer övertemperaturer och ökade vädrings- eller kylbehov (komfortstörningar)
- ▶ Energibesparing sommartid vid värme-

återvinning med ventilationsvärmexlaren är liten eller försumbar

- ▶ Köldbryggor försummas ofta eller under-skattas
- ▶ Prioriterar eventuell frånluftsvärmepump byggnadsuppvärmning eller varmvatten och när behövs tillsatsenergi?
- ▶ Värmeförluster genom golvet ökar vid golvvärme jämfört med om huset har radiatorer
- ▶ Om huset har elvärme i badrum
- ▶ Brukarbeteende exempelvis vid fönstervårdning
- ▶ Utförandebrister som dåligt utförd isolering, otätheter, slarvigt utförd injustering av värme- och ventilationssystem samt bristfällig förvaltning.

### Energikrav nya hus

I och med ikraftträdandet av Boverkets byggregler (BBR2006) ställs för första gången funktionskrav på byggnaders energiprestanda. Uppmätta värden ska gälla före beräkning. Energiberäkningar måste därför utföras verklighetsnära och med tillräckliga säkerhetsmarginaler för att man ska kunna gardera sig mot onoggrannhet i indata eller beräkningsmetod samt andra avvikelser och eventuella utförandefel. Av särskild betydelse är brukarbetingade faktorer som vädring, innetemperatur och användning av tappvarmvatten. I byggnaders energianvändning ingår:

- ▶ Uppvärmning av byggnad
- ▶ Komfortkylning
- ▶ Värmning av tappvarmvatten
- ▶ Fastighetsenergi (pumpar, fläktar, trapphusbelysning etc samt övrig fastighetsel).

Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras inräknas även dess energianvändning. Hushållsel och verksamhetsel ingår inte.

Boverkets byggregler (BBR2006) med krav på en högsta tillåten specifik energianvändning i södra respektive norra Sverige av 110 respektive 130 kWh/kvm, år exklusive hushållsel är relativt milda krav. Med individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen bör målet kunna sättas till högst 100 kWh/kvm, år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel samt högst 55 kWh/kvm, år för enbart byggnadsuppvärmning och varmvatten. Som jämförelse kan nämnas att Boverkets byggregler för elvärmade bostäder (BBR 2009) i zon 3 med krav på högsta energianvändning 55 kWh/kvm, år exklusive hushållsel, cirka 25 kWh/kvm, år, leder till en total energianvändning på cirka 80 kWh/kvm, år.

### Uppföljning och kvalitetssäkring

Uppföljning av byggnaders energiprestanda och inomhusmiljö har hittills sällan gjorts. Kommunerna kan dock positivt påverka utvecklingen genom ett något högre markpris med återbetalning/premie för nybyggnader med lösningar som kraftigt



understiger normkraven, om man exempelvis uppnår 30 procent lägre energianvändning. Offentliga bidrag bör ges först sedan beräknade värden har verifierats och uppfyllts, jämför med miljöbilspremie. Det skulle innebära ökade satsningar på goda lösningar såväl i projekterings- som produktionskedena samt att uppföljning verkligen görs. Då finns det också ett underlag för erfarenhetsåterföring som kan medföra stora vinster. Partnering, funktionsentreprenad och förtroendeentreprenad är i sammanhanget lämpliga entreprenadformer.

Nya material, konstruktioner och installationer måste vara omsorgsfullt testade innan de används i serieproduktion. I annat fall kan oväntade byggsador och inneklimatproblem uppstå. Ibland har man endast utfört laboratorietester innan serieproduktion av hela hus påbörjas. Exempel på dylika misslyckanden är användningen av stora glasytor, luft- och golvvärme, till exempel Bo01, Hammarby Sjöstad, och Bo92 (Nilsson (2003, 2004), Bagge (2007), Cajdert (2000) och Harrysson (1997b)), samt nu senast putsade fasader direkt mot isolermaterial utan luftspalt och som ökar risken för fuktskador på bakomliggande trästomme. Dessa lösningar infördes i serieproduktion utan tillräckliga tester och uppföljningar, vilket har lett till många problem och tvister samt medfört höga reparationskostnader.

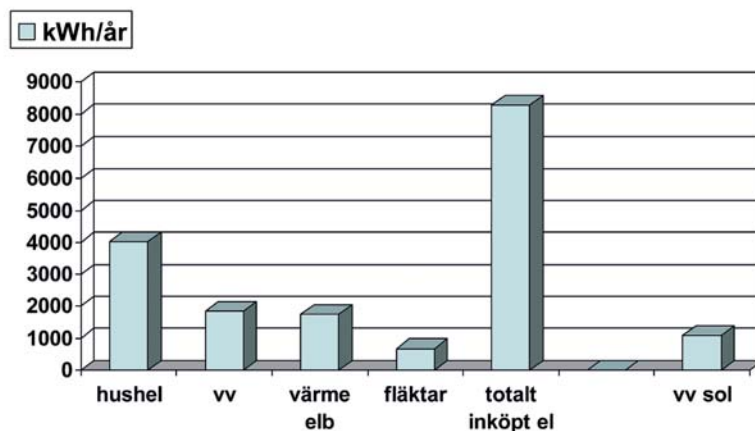
Utprovning av nya material, lösningar med mera bör ske stegvis enligt följande:

- ▶ Utgå från teoretiska utredningar, följda av laboratorietester och utprovning i ett obebott hus
  - ▶ Tester och undersökningar av huset i bebott skick
  - ▶ Cirka 20 nominellt lika hus byggs. Fördjupade undersökningar görs under minst två år av brukarbetingade och andra variationers inverkan
  - ▶ Utvärdering och vid positiva resultat lämnas godkännande för serieproduktion.
- En metodik för uppföljning och utvärdering av inneklimat, energianvändning, livscykelkostnad med mera bör innefatta:
- ▶ Jämförelser mellan uppmätt och beräknad energi-, el- och vattenanvändning
  - ▶ Enkätundersökningar med brukare och förvaltande personal
  - ▶ Tekniska mätningar av parametrar med betydelse för energianvändning och inneklimat
  - ▶ Åtgärdsförslag utarbetas och lönsamhetsbedöms
  - ▶ Sammanvägning görs av uppgifter från ovanstående punkter
  - ▶ Uppföljning sker av genomförda åtgärder.

### Resultatsammanfattning

I detta projekt har erfarenheter från ett antal genomförda undersökningar i flerbostadshus analyserats och sammanställts. Därvid har olika huskroppar, lösningar och förhållanden studerats. Någon enhetlig metodik för utvärdering har inte använts

## Lindås energianvändningens delposter och totalt inköpt el, mv 20st 2-plans radhus 120 m<sup>2</sup>



Figur 3: Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem – resultat av två års mätningar. Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport 2004:31, Borås. ISBN 91-85303-07-0, ISSN 0284-5172. Källa: Ruud, S & Lundin, L (2004).

i de granskade undersökningarna, vilket försvårar jämförelser mellan dem. Lika så är det oftast mer än en parameter som varierar mellan områdena, vilket försvårar jämförelserna ytterligare. Klart är emellertid att rätt utförd energisparande varken ger inneklimatproblem eller byggsador. Resultaten från det genomförda projektet visar bland annat att:

- ▶ Energisparpotentialen i såväl äldre som nyare flerbostadshus kan uppgå till 50 procent
- ▶ Olika tekniska lösningar medför avsevärda skillnader i energianvändning och inneklimat. Det finns tekniska lösningar som kan spara flera tiotal procent energi med bibehållen inneklimat utan högre produktionskostnad
- ▶ Brukarvanor samt kvaliteten på arbetsutförandet och förvaltningen kan ha stor inverkan. I två områden med likartad teknisk lösning kan den totala energianvändningen variera med 50 procent
- ▶ Det finns nyare hus (byggda efter 1985) som har högre specifik total energianvändning (per ytenhet) än äldre (byggda före 1974). Energinvändningen för fastighetsel är däremot ofta mindre i äldre hus
- ▶ Betydande avvikelser har konstaterats mellan uppmätta och beräknade värden. De senare är i regel avsevärt lägre. Använda beräkningsmetoder måste valideras för nyare hus med andra tekniska egenskaper än äldre till exempel stora glasytor, högre luftväxling och integrerade värmesystem som golvvärme. Flera beräkningsfall per byggnad måste utföras för att beakta de stora variationer som normalt föreligger
- ▶ Använda korrektionsfaktorer, begrepp och definitioner i olika undersökningar är sällan entydiga eller enhetliga, vilket för-

svårar analys och jämförelser. Exempel på detta är:

- ▶ Areabegrepp som BOA, BTA, LOA, BRA, uppvärmd golvvarea,  $A_{temp}$  med mera. Den specifika energianvändningen (per ytenhet) kan, beroende på använt areabegrepp, påverkas med flera tiotal procent
- ▶ Oklarhet i fråga om energiuppgifter, till exempel total energianvändning för värmesystem (värme, byggnadsuppvärmning), varmvatten/tappvarmvatten, fastighetsel och hushållsel eller någon/några av nämnda delposter
- ▶ Om korrigering av uppmätta värden har gjorts till normalår, aktuell period/kalenderår, uppvärmningssäsong etc
- ▶ Vilken innetemperatur som har använts vid beräkningarna
- ▶ Om inverkan av eventuell byggfukt har beaktats under de första åren.
- ▶ Nya byggregler och EU-direktiv för byggnaders energiprestanda och kvaliteten på inneklimatet kräver enhetliga och tillförlitliga metoder för kvalitetssäkring och uppföljning. I rapporten beskrivs flera praktiskt inriktade metoder för kvalitetssäkring och uppföljning som kraftigt kan minska driftkostnaderna. e

### Referens

- ▶ Harrysson, C (2009). Variationer i energianvändning och inneklimatkvalitet. Erfarenheter och rekommendationer. Örebro universitet, Studies from the 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) under "Nyheter".
- ▶ Del 1 publicerades i Energi & Miljö nr 3/10, för komplett litteraturlista, Energi & Miljö 3/10 s 76.