Energianvändningen i flerbostadshus kan halveras!

Beprövade lösningar med värmepump, vattenradiatorer och frånluftsventilation uppfyller BBR-krav för elvärmda hus

Ett vid Örebro universitet genomfört forskningsprojekt visar att energianvändningen i bostäder kan halveras med bibehållen innemiljökvalitet och till rimliga kostnader. Dessa mål nås säkrast med beprövade och väldokumenterade lösningar. I denna artikel sammanfattas några resultat från projektet varvid jämförelser görs mellan olika granskade undersökningar och lösningar.

Vid utformning av nya hus måste man ta ett helhetsgrepp och samtidigt beakta byggnadens arkitektoniska utformning, klimatskal, värme- och ventilationssystem samt hushållsapparater, så att den tillförda energin bättre tas tillvara. Klart är emellertid att rätt utförd energieffektivisering ger varken innemiljöproblem eller byggskador. Redan idag finns hus med vanliga tekniska lösningar som uppfyller Boverkets krav för elvärmda hus utan att man ansträngt sig särskilt. Det är viktigt att sprida kunskap om goda lösningar så att alla kan välja dessa och verka mot samma mål. Kunskaper finns, men används inte i tillräcklig utsträckning.

Projektet

Genomförande. Flerbostadshus byggs på många olika sätt med skiftande kvalitet på utformning, arbetsutförande och förvaltning. Många olika faktorer påverkar energianvändning, innemiljö och livscykelkostnad. Stora variationer förekommer mellan olika lösningar. Därför är det angeläget att värdera och rangordna olika lösningar. Dessutom har syftet varit att undersöka olika möjligheter för att effektivisera energitillförseln och minska värmeförlusterna.

Artikelförfattare är ***Christer Harrysson****, professor, Örebro universitet.*

Ett antal undersökningar har granskats och jämförts varvid olika husområden, huskroppar, konstruktioner, installationer och förhållanden har studerats. Bland dessa finns den egna undersökningen redovisad i *Harrysson* (2009) som genomförts på uppdrag av SBUF, Peab, NCC och Örebro universitet, samt undersökningarna *Harrysson* (1994, 1997a) som gjorts på uppdrag av Boverket.

Några resultat. Resultaten i denna artikel baseras på uppgifter från bland annat litteraturinventering, kunskapssammanställning och analys av ett antal genomförda undersökningar i bostäder, främst i flerbostadshus. Någon enhetlig metodik för genomförande, uppföljning och utvärdering har inte använts i de granskade undersökningarna, vilket försvårar jämförelser mellan dem. Likaså är det oftast mer än en parameter som varierar mellan husområdena, vilket försvårar jämförelserna ytterligare.

Resultaten från det genomförda projektet vid Örebro universitet, *Harrysson* (2009), visar bland annat att:

- Energisparpotentialen i såväl äldre som nyare flerbostadshus kan uppgå till 50 procent.
- Skillnaderna i energianvändning och innemiljö är avsevärda mellan olika tekniska utformningar. Det finns bygg- och installationstekniska lösningar som kan spara flera tiotal procent energi med bibehållen innemiljö utan högre produktionskostnad.
- Brukarvanor, arbetsutförandets och förvaltningens kvalitet kan ha stor inverkan. I två områden med likartad teknisk lösning kan den totala energianvändningen variera med 1:2.
- Det finns nyare hus byggda efter 1985 som har högre specifik total energianvändning än äldre byggda före 1974. I äldre fastigheter används dessutom ofta mindre el.
- 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 kan nyare hus ha stora glasytor, högre luftväxling och integrerade värmesystem som golvvärme. Flera beräkningsfall 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 försvårar analys och jämförelser. Exempel på detta är areabegrepp som BOA, BTA, LOA, BRA, A_{temp}, oklarheter om vad energiuppgifter avser, korrigering av uppmätta värden till normalår eller aktuell innetemperatur, inverkan av eventuell byggfukt med mera
- Nya byggregler och EU-direktiv för byggnaders energiprestanda och kvalitet på innemiljön kräver enhetliga och tillförlitliga metoder för kvalitetssäkring och uppföljning. I projektrapporten beskrivs flera praktiskt inriktade metoder för kvalitetssäkring och uppföljning, som kraftigt kan minska driftkostnaderna

Stora variationer i energianvändning och innemiljö. Stora variationer i energianvändning, innemiljö och livscykelkostnad förekommer mellan olika husområden, lägenheter och undersökningar. Huvudsakligen har energianvändningen under driftskedet behandlats, eftersom den normalt utgör 80 till 90 procent av energianvändningen under en byggnads livslängd. Inverkan av olika faktorer samt begrepp och definitioner för till exempel specifik energianvändning och golvarea belyses bland annat genom känslighetsanalys. Många olika tekniska lösningar förekommer. Några är bättre än andra, varför försök har gjorts att rangordna dessa.

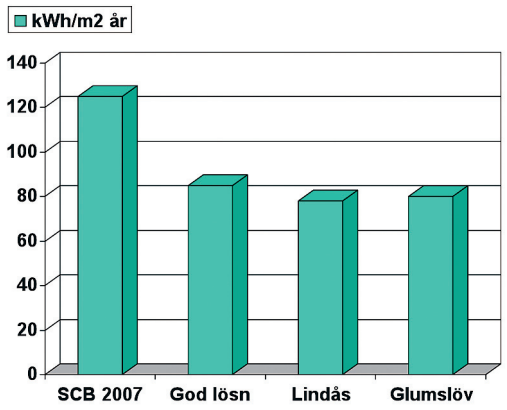
Orsaker till de stora skillnaderna i energianvändning, innemiljö och livscykelkostnad är främst:

- Olika brukarvanor, skillnader på 10 000 kWh/år har noterats.
- Hur energi- och vattenanvändningen mäts och debiteras, kan inverka med 30 procent.
- Brukarvanor och förvaltningens former och kvalitet mellan områden med likartad teknisk lösning kan påverka energianvändning med 1:2.
- 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.

Anm. Uppgifterna avser främst småhus.

Den totala energianvändningen utgörs av delposter för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. 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.

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



Figur 1: Total energianvändning (byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel) för vanliga småhus enligt SCB (2007), lågenergihus (god lösning) med frånluftsvärmepump respektive passivhusområdena Lindås och Glumslöv.

Säkert energisparande fordrar uppföljning

Avsevärda besparingsmöjligheter. Sedan oljekrisen 1974 har ett stort antal undersökningar genomförts för att studera innemiljö och energianvändning i flerbostadshus. Undersökningarna omfattar såväl serieproducerade flerbostadshus som mer eller mindre utpräglade prov- och experimenthus, ibland framtagna för olika boutställningar. Resultaten visar att potentialen för energibesparing i flerbostadshus är stor, cirka 50 procent, med nivåer på 80 till 100 kWh/m² år för specifik total energianvändning, summa energi för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel, som rimliga mål för såväl nyare som äldre flerbostadshus. Värdet av nämnda förbättringar 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.

Specifik energianvändning avsevärt lägre i småhus än flerbostadshus. Sedan flera år tillbaka finns såväl vanliga serieproducerade småhus med frånluftsvärmepump, frånluftsventilation och vattenradiatorer som passivhus med luftvärme och FTX-ventilation med specifik total energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel kring 70 till 80 kWh/ m² år, *figur 1*. Det finns emellertid även flerbostadshus som tyvärr har två till fyra gånger så hög energianvändning såväl vad avser serieproducerade hus, prov- och experimenthus som boutställningar till exempel Bo92, Understenshöjden och Bo01.

Energianvändningen under driftskedet är i allmänhet hög i flerbostadshus. Offentlig statistik från SCB (2007) visar att hela flerbostadshusbeståndet i medeltal har en specifik total energianvändning för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel av cirka 200 kWh/m² år. Det finns dock nya flerbostadshus som ligger runt 100 kWh/ m² år till exempel LKF:s område Jöns Ols i Lund, *figur 2*.

Under 1970-talet har energianvändningen i flerbostadshus för byggnadsuppvärmning och varmvatten sjunkit. Exempelvis har hus med fjärrvärme byggda efter början på 1980-talet cirka 20 procent lägre specifik energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten än äldre hus, det vill säga 140 kWh/m² år respektive 170 kWh/ m² år, *tabell 1 på nästa sida*. Vidare visar offentlig statistik att energianvändningen i nya flerbostadshus inte har minskat sedan mitten på 1980-talet trots flera nya byggbestämmelser med bland annat skärpta värmehushållningskrav. Orsakerna till detta är flera exempelvis:

- Stora glasytor som medför komfortstörningar i form av kallras och kallstrålning samt högre värme- och kylbehov med högre effekt- och energianvändning. BBR 2008 rekommenderar tio till tjugo procent fönsterarea.
- Komplicerade lösningar för värme och ventilation, till exempel traditionell FTX-ventilation och luftvärme som har liten energibesparing men ökar risken för luftföroreningar inne. Golvvärme är en annan modernitet som kan vara både energislösande och trögreglerad.
- Kollektiv mätning och debitering av energi- och vattenanvändning
- Många hus med fjärrvärme saknar värmeåtervinning av ventilationsluften.
- Nya hus har högre ventilation än äldre.

Energistatistiken visar även att flerbostadshus per kvadratmeter boarea har drygt 50 procent högre total energianvändning än gruppbyggda småhus. Dessutom har flerbostadshusen drygt tjugo procent högre produktionskostnad. Kostnadsbesparande åtgärder gör det möjligt för allt fler medborgare att ha råd med en god bostad. Uppgifter finns i litteraturen som visar att såväl produktions- som driftkostnaderna relativt enkelt kan sänkas med 30 procent, *Harrysson* (2006a).

Sabo-undersökningen

Sabo (2006) har genomfört en praktisk undersökning och mätt upp energianvändningen i 72 fastigheter byggda mellan 1993 och 2002 med totalt drygt 4 000 lägenheter. Dessa har F- eller FTX-ventilation. De frånluftsventilerade fastigheterna saknar värmeåtervinning eller har värmeåtervinning med frånluftsvärmepump (FVP) eller bergvärme-

FOTO: TORBJÖR KLITTERVALL

Figur 2: Jöns Ols, Lund.

Tabell 3.1.6
Genomsnittlig energianvändning per m² uppvärmd yta i flerbostadshus efter uppvärmningssätt
Average use of energy per sq.m. heated floor space in multi-dwelling buildings by type of heating

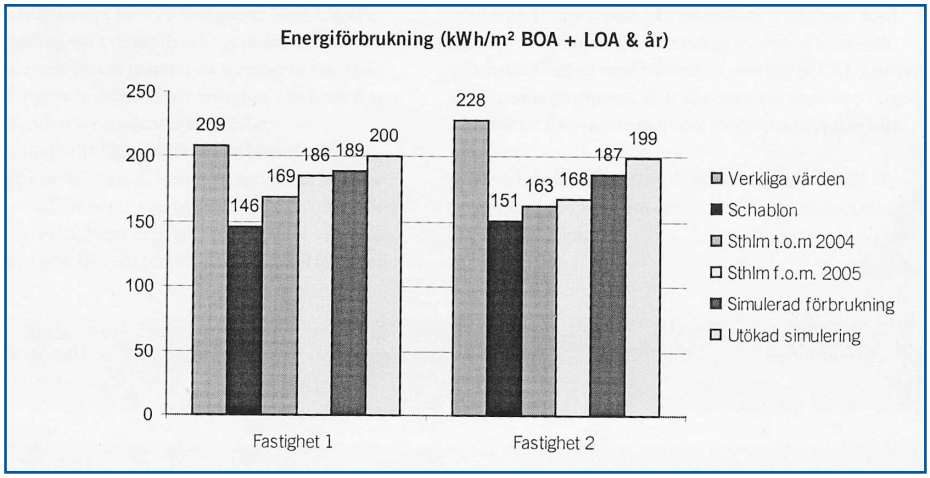
	Totalt		Därav hus med enbart bostadslägenheter	
	Egen olje-panna (l olja)	Fjärrvärme (kWh)	Egen olje-panna (l olja)	Fjärrvärme (kWh)
1982	26,0	203	27,6	206
1983	24,5	191	26,1	197
1984	24,1	188	25,9	194
1985	26,6	209	28,1	212
1986	25,5	198	26,6	206
1987	26,1	201	25,8	206
1988	24,2	183	26,6	188
1989	22,4	165	24,3	174
1990	22,1	166	24,6	173
1991	23,6	176	25,4	183
1992	22,6	170	24,6	177
1993	23,7	178	24,8	181
1994	24,6	175	26,7	180
1995	22,4	177	23,1	181
1996	23,0	185	24,2	188
1997	21,6	170	22,0	179
1998	22,4	176	22,8	180
1999	20,7	167	21,7	171
2000	20,5	160	21,5	164
2001	20,5	171	21,7	175
2002	21,5	169	22,4	172
2003	21,9	168	23,4	169
2004	21,0	163	22,1	165
2005	19,8	162	19,1	162
Byggår				
–1940	19,5	165	19,4	170
1941–1960	21,2	172	19,2	175
1961–1970	20,2	166	20,6	165
1971–1980	14,0	167	..	169
1981–1990	17,4	128	..	135
1991–2000	15,6	141	..	142
2001–	–	131	–	141
Uppgift saknas	19,6	160	19,1	165

Sveriges officiella statistik
Anmärkning: .. Antalet observationer är färre än 4.
Källa: SCB, energistatistik för flerbostadshus (urvalsundersökning).

Tabell 1: Energianvändning i flerbostadshus. Källa: SCB (2007).

pump (BVP). Uppvärmning med värmepumpar ger totalt sett lägre energianvändning, *figur 3*. Fastigheterna med frånluftsvärmepumpar drar något mer energi än de med bergvärmepumpar, men då har fastigheterna med bergvärmepump enbart el som energikälla medan för fastigheter med frånluftsvärmepump kan en annan energikälla, som exempelvis fjärrvärme som kompletterande värmekälla, användas för byggnadsuppvärmning och varmvatten.

Den specifika energianvändningen för värme, varmvatten och fastighetsel är lägst i fastigheter med bergvärmepump och varierar mellan 65 och 98 kWh/m² år, *figur 4 på sidan 42*. Därefter kommer fastigheter med frånluftsvärmepump som ligger mellan 77 och 131 kWh/m² år. På tredje plats kommer frånluftsventilerade fastigheter. Variationen mellan dessa är stor, från 93 till 198 kWh/m² år. Sist kommer fastigheter med frånlufts-/tilluftsventilation och ventilationsvärmeväxlare, som ligger mellan 134 och 202 kWh/m² år. För ett så nytt hus är 202 kWh/m² år en mycket hög energianvändning. Ursprungligen har två fastigheter med ännu högre energianvändning tagits bort på grund av tekniska problem. De hade energianvändningen 232 respektive 246 kWh/m² år.



Figur 3: Jämförelser mellan beräknad och uppmätt total energianvändning (summa för värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel). Ventilationssystemet i fastighet 2 är delvis felkonstruerat och därför ligger energianvändningen något högre än den borde. Källa: Sabo (2006).

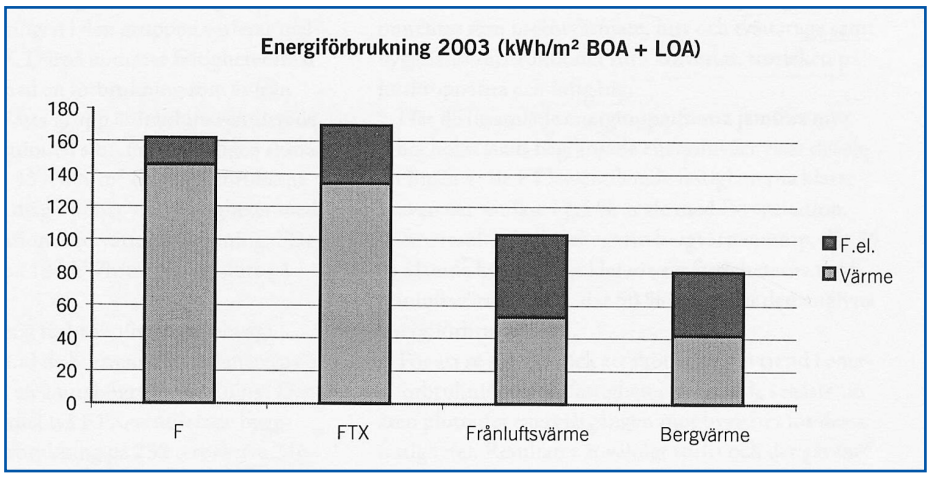
Kvarteret Jöns Ols, Lund

På 2000-talet har flera intressanta lågenergihus byggts, till exempel LKF:s kvarteret Jöns Ols i Lund, *Warfvinge* (2005). Den totala energianvändningen för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel har uppmätts till 84 kWh/m² BRA år eller 109 kWh/m² BOA år. Byggnadens tekniska lösning karakteriseras av:

- frånluftsventilation
- vattenradiatorer
- värmeåtervinning med frånlufts-/uteluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och tillsatsenergi med fjärrvärme
- temperaturen styrs centralt i varje lägenhet
- värme- och vattenanvändning mäts och debiteras individuellt
- värme i avloppsvattnet återvinns med en spillvattenvärmeväxlare som förvärmer varmvatten
- varmvatten värms av solfångaranläggning som kompletteras med fjärrvärme
- elutrustningen är energieffektiv liksom styrningen av fläktar och pumpar.

Passivhus

Ett annat alternativ är passivhus som utgörs av tjock isolering, luftvärme samt frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare. Värmebehovet är så lågt att det enligt förespråkarna inte behövs något traditionellt värmesystem. Under kalla dagar, utetemperaturer under cirka 5 °C, måste dock värmeenergi tillföras för att bibehålla värmekomforten i nordiskt klimat. Passivhus har gemensamt värme- och ventilationssystem (luftvärme) i form av frånlufts-/tilluftsventilation med ventilationsvärmeväxlare och eftervärmningsbatteri, oftast elbatteri. Tillsatsenergi tillförs således oftast som ”direktel” via ett elbatteri alternativt via ett vattenbatteri kopplat till fjärrvärme.De flesta hittills byggda passivhus är elvärmda eftersom de har ett elbatteri inbyggt i ventilationsaggregatet. I några fall har de



Figur 4: Medelvärdet för summa energianvändning, kWh/m² (BOA plus LOA) för värme, varmvatten och fastighetsel år 2003 för fastigheter med F- och FTX-ventilation samt fastigheter med frånlufts- och bergvärmepump. Källa: SABO (2006).

vattenbatteri kopplat till fjärrvärme som tillsatsenergi.

Luftvärmesystemet saknar rumsvis styrning och reglering av värme- och luft-tillförseln. Kanalsystemen är ofta placerade i klimatskärmen. Det ska särskilt framhållas att luftvärmesystem är underhållsintensiva. För god innemiljö och fungerande system krävs omkoppling mellan sommar- och vinterläge, återkommande injustering av luftflöden och kanalrensning samt filterbyten minst två gånger per år. Många praktiskt verksamma branschföreträdare avråder från FTX-ventilation, *Svensson m fl* (2005).

I litteraturen finns uppgifter om uppmätt energianvändning i passivhus. Den totala energianvändningen för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel för några områden uppgår till:

Område	*Specifik total energianvändning, inköpt energi, kWh/m² år*
Lindås Park	69[a]
Oxtorget Värnamo	69[b]
Karl Johans väg, Frillesås	81[c]
Glumslöv	cirka 80[c]

Anm. Oxtorget, Värnamo består av flerbostadshus medan övriga områden är småhus i ett eller två plan.

[a] Tillkommer 8 kWh/m² år från solfångare.

[b] Tillkommer 10 kWh/m² år från solfångare.

[c] Solfångare saknas.

De största riskerna med passivhustekniken utöver minst tio procent högre produktionskostnad är:

- Föroreningar via kanalsystemet. Smutsavlagringar ökar successivt
- Risker med extrema isolertjocklekar är fukt- och mögelskador i klimatskalet på grund av fuktkonvektion genom övertryck inne relativt ute
- Variationer i utförandekvalitet genom särskilda krav på projektörer och byggare.

Livscykelanalys av en mineralullsisolerad träregelvägg med träpanel på utsidan visar att skillnaden i total energianvändning mellan 290 och 490 mm för byggnadens hela livscykel 50 år är mindre än två procent. Denna skillnad torde inte uppväga de övriga nackdelar som 200 mm ytterligare isolering medför i form av mindre invändig yta eller större utvändig yta samt mindre uttorkningseffekt och ökade risker för fukt- och mögelproblem med mera.

Alltför tjock isolering bör med andra ord undvikas. Man bör till exempel ha högst cirka 300 mm i väggar eftersom en livscykelanalys visar att denna tjocklek är optimal. Bland annat beror detta på miljöutsläpp och energianvändning vid tillverkning av isolermaterial som mineralull och cellplast. Förstnämnda enkla beprövade och lättskötta lösning med värmepump, frånluftsventilation och vattenradiatorer leder säkrare till att förväntade kvaliteter uppnås.

Enhetlig metodik för uppföljning och redovisning saknas

Innemiljö, energianvändning och livscykelkostnad för flerbostadshus har studerats i många undersökningar utan någon vältäckande och enhetlig utvärderingsmetodik. Uppföljning och utvärdering görs bara sällan eller endast i begränsad omfattning. Det är 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 ombyggnad. Inte minst därför att många flerbostadshus uppförda under miljonprogrammet 1964 till 1975 nu är i stort behov av renovering. Exempel finns på husområden som byggts om till högre kostnader än vad som motsvarar nyproduktion och i storleksordningen en miljon kronor per lägenhet. Detta har ibland delvis finansierats med olika former av statliga bidrag som LIP- och Klimp-pengar.

Avsevärda problem med prov- och experimenthus samt boutställningar

Varför fungerar mycket sällan prov- och experimenthus, ekobyar eller boutställningar som avsett? Boutställningar och experimenthusbyggande uppförs ofta under stark tidspress, med oprövade, nya material, konstruktioner och installationer, orutinerad personal samt projektering och byggande utan tillräckligt genomtänkta planer och program. Få projekt har nått sina mål från teknisk och ekonomisk synpunkt. I stället har man fått stora olägenheter för brukarna och samhället i form av innemiljöproblem, hög energianvändning och oväntade ombyggnadskostnader.

Bo92. För småhusen i Bo92 uppmättes i medeltal den specifika totala energianvändningen för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel till 147 kWh/m² år medan vanliga småhus uppförda vid denna tid enligt SCB hade cirka 120 till 130 kWh/m² år och hus med goda lösningar som frånluftsvärmepump och vattenradiatorer klarade cirka 90 kWh/m² år. Skattebetalarna i Örebro tvingades dessutom skjuta till 50 miljoner kronor för att bygga om och göra de 26 ”avancerade” luftvärmda Borohusen från Landsbro beboeliga bland annat genom att installera enkla och lättskötta elradiatorer, *Ahnland* (1996).

Understenshöjden. Området Understenshöjden består av 44 bostäder i ”ekologiska” småhus byggda 1995, *Westmar* (2000). Den specifika totala energianvändningen har i medeltal uppmätts till 300 kWh/m² år jämfört med den beräknade 140 kWh/m² år. Vanliga småhus byggda vid denna tid har den specifika totala energianvändningen 120 till 130 kWh/m² år enligt SCB (2007). Efter ombyggnad har man fått ner den specifika totala energianvändningen till 200 kWh/m² år, det vill säga i nivå med vanliga äldre flerbostadshus.

Bo01. Området i Malmö, *figur 5*, består av tio flerbostadshus och byggdes till bomässan Bo01, *Nilsson* (2003, 2004) och *Bagge* (2007, 2008). Målet var att den specifika totala energianvändningen för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel skulle understiga 105 kWh/m² år. Den uppmätta specifika totala energianvändningen ligger huvudsakligen mellan 120 och 200 kWh/m² BRA och år. Ett av husen hade en mycket hög specifik energianvändning, 350 kWh/m² BRA och år, vilket främst berodde på problem med styrningen av värmesystemen. Beräknade värden ligger mellan 77 och 107 kWh/m² BRA och år.

FOTO: TORBJÖR KLITTERVALL

Figur 5: Flerbostadshus på Bo 01 Malmö.

Tre av flerbostadshusen med högst specifik total energianvändning har tre saker gemensamt: Störst fönsterarea i förhållande till uppvärmd area, vattenburen golvvärme som huvudsakligt värmesystem och högst energianvändning för byggnadsuppvärmning och varmvatten. I utvärderingsrapporten framhålls bland annat följande tänkbara förklaringar:

- Det kan vara så att det är golvvärmen och inte stora fönster som lett till den höga energianvändningen.
- Alternativt kan det vara stora fönster i kombination med golvvärme.

De båda fastigheterna med högst värmeanvändning saknar ventilationsåtervinning. Dessutom har de vattenburen golvvärme och mycket stora fönsterytor. Kombinationen av dessa tre egenskaper är från energisynpunkt mycket negativ.

Ljud- och ljusförhållandena upplevs som goda i lägenheterna. Stora fönsterytor medför att man får in mycket ljus, men det blir samtidigt lättare övertemperaturer sommartid. Stora fönster utgör också hinder för utformning av energieffektiva byggnader. Även energieffektiva fönster har betydligt sämre isolerförmåga än en vägg. Kallras kan upplevas vintertid enligt den genomförda brukarenkäten. Det är med så enkla medel som bättre isolering som man lätt kan uppnå låg energianvändning.

Slutsatser. De nedslående resultaten från boutställningarna visar att introduktionen av nya oprövade ideér och lösningar måste följas upp noggrant och under lång tid innan serieproduktionen kan starta. Systematisk uppföljning och erfarenhetsåterföring är nödvändig vid utveckling och användning av nya material och konstruktioner enligt följande. Metodiken för detta bör vara att teorier och ideér verifieras i laboratorium, i ett obebott respektive bebott hus och därefter i en grupp med 20 till 30 lika hus under ett par år. Först därefter och vid positivt resultat kan serieproduktionen tillåtas starta. Nya oprövade idéer och lösningar måste användas med större eftertanke.

Boverkets byggregler för energianvändning och täthet

Boverkets byggregler (BBR 2006) med krav på en specifik energianvändning i södra respektive norra Sverige av högst 110 respektive 130 kWh/m² år exklusive hushållsel är att betrakta som ”lindriga” krav. Med individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändningen bör målet i stället sättas till högst 100 kWh/m² år totalt för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och inklusive hushållsel samt högst 70 kWh/m² år exklusive hushållsel.

Boverkets byggregler för elvärmda bostäder (BBR 2008) som gäller från 1 januari 2009 för bostäder med elvärme har krav på högsta specifika energianvändningen 55 kWh/m² år i södra Sverige, leder till en specifik total energianvändning på cirka 80 kWh/m² år, inklusive hushållsel med cirka 30 kWh/m² år. Det finns även krav på installerad effekt.

I äldre byggbestämmelser för bostäder tilläts klimatskalets otäthet vara högst 0,8 l/s m² omslutningsyta eller cirka 3,6 oms/h vid 50 Pa tryckskillnad, vilket normalt motsvarar en oavsiktlig ventilation på 0,15 till 0,20 oms/h vid naturliga klimatförhållanden. Detta är ett ganska milt krav som för de flesta hus uppfylldes redan i början på 1980-talet. I extremt täta hus, till exempel Hjältevadshus, nådde man vid nämnda tidpunkt ner mot 1 oms/h. I BBR 2008 tillåts 0,6 l/s m² vid 50 Pa tryckskillnad vid tillämpning av ”Alternativt krav på byggnadens energianvändning”. För passivhusen i Lindås Park har uppmätts högst cirka 0,4 l/s m² vid 50 Pa tryckskillnad, vilket motsvarar strax under 2 oms/h. Under vanliga klimatförhållanden är luftläckaget normalt fyra till sex procent av det luftläckage man har vid 50 Pa tryckskillnad.

Nya hus med goda lösningar

En vanlig lösning för nya flerbostadshus består av ”måttlig” isolering, FT- eller F-ventilation med värmeåtervinning och fjärrvärme. I flerbostadshus kan värmesystem och ventilationssystem vara gemensamma för hela byggnaden eller som individuella lägenhetssystem. Boverkets byggregler leder dessvärre till ökad andel FTX-system, som kan medföra innemiljöproblem och låg praktisk energibesparing.

Allmänt. Energieffektiva byggnader ska ha ett flexibelt värmesystem samt styr- och reglerutrustning som möjligggör ett högt gratisvärmeutnyttjande samt rumsvis noggrann styrning av värme- och ventilationssystemen. I första hand bör man därför välja vattenradiatorer med radiatortermostater. Ventilationssystemet ska vara enkelt, typ frånluftsventilation, med litet underhållsbehov och minimala risker för hälsoproblem. Luft ska tillföras huset på kortast möjliga väg i stället för att ledas i långa kanaler samt tillföras så att inte besvärande drag uppstår särskilt vid låga utetemperaturer.

Det finns en stor besparingspotential i att huset har behovstyrd och rumsvis reglering av värme- och lufttillförseln. Temporära sänkningar av innetemperatur och luftflöde kan ge stora besparingar. Med separata värme- och ventilationssystem kan man uppnå god komfort, hög energieffektivitet och maximalt utnyttjande av gratisvärmet.

Värmepump, frånluftsventilation och vattenradiatorer med mera. Ett alternativ som visat sig ha goda egenskaper består av frånluftsventilation med frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten samt vattenradiatorer och eventuellt komfortvärme med tidstyrd elektrisk golvvärme i våtrum med klinkergolv.

Basenergin hämtas ur frånluften, och/eller uteluften och från solen. Tillsatsenergin kan utgöras av el, fjärrvärme, biobränsle med mera. Det är en fördel om ”basenheten” är en ackumulatortank till vilken olika värmekällor kan dockas. Som installationstekniska åtgärder rekommenderas därför:

- individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändning i stället för kollektiv
- frånluftsventilation
- vattenradiatorer
- värmeåtervinning med frånluftsvärmepump eller eventuellt en kombinerad utelufts- och frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten
- solfångare, eventuellt även solceller (hittills för låg lönsamhet).

Solfångare och solceller. I nya hus förekommer ibland solfångare och solceller. Solfångare har relativt god lönsamhet och kan per kvadratmeter solfångare spara cirka 300 till 500 kWh/år till en kostnad av cirka 7 000 till 9 000 kr/m². Solceller är avsevärt dyrare och kan per kvadratmeter solcellspanel spara 100 kWh/år respektive 100 W till investeringskostnaden cirka 10 000 kr/m².

Stommens värmekapacitet

I bostäder med konstant innetemperatur har stommens värmekapacitet försumbar inverkan på årsenergibehovet, *Harrysson* (2004). Däremot vid köldknäppar minskar värmekapaciteten effektbehovet liksom övertemperaturer sommartid. Omvänt medför ökad värmekapacitet minskad energibesparing vid periodvisa kortvariga sänkningar av innetemperaturen till exempel nattsänkning.

Uppvärmning med el eller fjärrvärme?

De flesta nyare småhus har elvärme och de flesta nyare flerbostadshus fjärrvärme. Ett visst motsatsförhållande råder mellan valet av husutformning respektive energitillförselsystem. Det bästa för miljön är naturligtvis om både hus och tillförselsystem är energieffektiva. 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, 25 till 40 procent, i områden med gles bebyggelse som markbostäder och villor, *Persson* (2005) och *Harrysson* (2006b).

Andra menar att vindkraftsbaserad elvärme är en hållbar lösning, även om kompletterande energi kan komma från kolkraftverk. Byggnadsuppvärmning medför dock ett temperaturberoende effektbehov och vindkraften har otillräckliga effektresurser för att klara uppvärmning vid låga utetemperaturer. Dessutom är elenergi den mest högvärdiga energiformen. Myndigheter och politiker måste i ökad utsträckning styra utvecklingen mot de mest miljö- och energiriktiga samt lönsamma lösningarna. Kunskap finns, men används inte i tillräcklig utsträckning.

Framgångsrikt energisparande kräver helhetsgrepp

Bostäder byggs med många olika lösningar. Resultaten av projektet visar att några av dessa är klart bättre än andra med hänsyn till energianvändning, innemiljö och livscykelkostnad. Energianvändningen och tillhörande kostnader beror på ett stort antal faktorer som kortfattat kan grupperas i:

- energileverantör (effekt, energi, kostnader)
- brukarvanor inklusive individuell mätning och debitering av energi och vatten
- förvaltningens kvalitet
- arkitektoniska och tekniska åtgärder: husform, fönsterytor, isolering, köldbryggor, tätningar, värmeåtervinning, system för värme och ventilation
- injustering av värme- och ventilationssystem

Det finns bostadsområden uppförda under miljonprogrammets dagar 1964 till 1975 som byggts om för mer än dagens nyproduktionskostnader. Detta måste starkt ifrågasättas då enkla åtgärder som injustering av värme- och ventilationssystem eller värmeåtervinning med värmepumpar har en god lönsamhet.

Redan nu kan en halvering av energianvändningen nås i flerbostadshus genom lämpligt val av traditionella tekniska lösningar eller genom förbättring av dessa till exempel som LKF:s område Jöns Ols i Lund. Alternativt kan låga energinivåer nås med passivhuskonceptet, som dock måste följas upp ytterligare med hänsyn till innemiljö, fuktskaderisker i klimatskärmen och så vidare.

Dagens byggregler bör i första hand skärpas avseende täthetnivå till 0,4 l/s m² och fönsterstorlekar begränsas till femton procent. Alltför tjocka isoleringar, mer än cirka 300 mm i yttervägg och så vidare, ska undvikas på grund av ökade risker för mögel och fuktskador i klimatskalet respektive med hänsyn till livscykelkostnad, varvid inverkan på boarea och byggarea beaktas. En livscykelanalys visar att väggar med isolertjocklekar kring 300 mm är optimalt.

Boverkets modell för uppföljning är ett steg i rätt riktning. Det är bra att bygga in viss mätutrustning, som därmed möjliggör uppföljning. Husägare och brukare blir dessutom mer medvetna. Man får bort dåliga system. Fel kan snabbt konstateras och åtgärdas

Rätt val av arkitektonisk och teknisk lösning kan som framgår medföra avsevärda tekniska och ekonomiska fördelar. Några framgångsfaktorer är:

- Lämplig arkitektonisk utformning med begränsade glasytor och anpassad för högt passivt solvärmeutnyttjande utan ”skrynkliga” fasader och köldbryggor
- Värme- och ventilationssystemet ska vara placerat invändigt, ej i klimatskalet som vissa golvvärme- respektive luftvärmesystem
- Minimera styr- och reglerförlusterna. Värme- och ventilationssystemen ska vara snabbreglerade och följsamma, maximalt ta vara på gratisvärmet samt möjliggöra behovstyrd och rumsvis noggrann reglering av värme- och lufttillförseln
- Välj golvmaterial och golvkonstruktion med liten värmeavledning från foten så att golvvärme inte behövs av komfortskäl mer än i våtrum om detta har klinkerplattor på golvet. Då väljs i första hand tidstyrd elektrisk golvvärme som komforvärme (komplement).

Välj i första hand enkel ventilation typ F, värmeåtervinning med värmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten (nya hus frånluftsvärmepump, äldre hus bergvärmepump). Fönsterytor begränsas till cirka femton procent. Energislösande och trögreglerad golvvärme undviks och ytor med golvvärme begränsas.

Byggnaden som system måste beaktas från ”energikällan” till och med byggnadens energianvändning. Utformning av byggnader ska ske med hänsyn till energianvändning, innemiljö och livscykelkostnad. Kunskap krävs om arkitektur, bygg- och installationsteknik under projektering, produktion, brukare och förvaltning. Bygg vidare med enkla, beprövade och lättskötta lösningar. Utveckla och ”trimma” de traditionella lösningarna. Uppfinn inte hjulet på nytt! ■

Projektrapporten

Harrysson, C (2009). *Variationer i energianvändning och innemiljökvalitet. 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.

Övriga referenser

Ahnland, R (1995). *Inom kort kommer Byggforskningsrådet att få en intressant handling på sitt bord*. Byggkontakt 1/1996, Stockholm.

Bagge, H (2007). *Energy Use in Multifamily Dwellings. Measurements and Methods of Analysis*. LTH, Buliding 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.

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 (2004). *Byggnadsutformning och värmekapacitet. Förstudie och litteraturinventering*. SBUF och Örebro universitet, Institutionen för teknik, Rapport nr 14, Örebro. ISSN 1404-7225.

Harrysson, C (2006a). *Byggbranschens behov av förnyelse – en väg till småhus med lägre livscykelkostnader*. Bygg & teknik 5/06, Stockholm.

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

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.

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.

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.

Westmar, B (2000). *Ekologiska hus slukar energi*. Svenska Dagbladet 7 maj 2000, Stockholm.

I projektrapporten återfinns övriga referenser.