

Öka energisparandet i nya småhus!

Helhetsgrepp och systemtänkande visar vägen

Larmrapporter om byggsador samt uppgifter om uteblivna energibesparingar och inomhusmiljöproblem förekommer allt oftare i media, *Cajdert* (2000) och *Harrysson* (2006). Nya material och installationer används i ökad omfattning utan att tillräckligt omsorgsfullt ha testats och utvärderats. Offentlig energistatistik från SCB visar att det hittills har varit svårt att minska bostadssektorns energianvändning. För vissa byggnadstyper och husområden, som till exempel Bo01, är energianvändningen till och med högre än för äldre hus.

Erfarenheter visar emellertid att en halvering av bostadssektorns energianvändning är möjlig men det kräver ett helt annat angreppssätt vid projektering och byggande än hittills. Eftersom nyproduktionen av bostäder utgör mindre än en procent av det befintliga beståndet måste energisparandet framöver fokuseras på befintliga byggnader. Denna artikel har dock avgränsats till att omfatta nya småhus med exempel på goda och dåliga lösningar, i princip tillämpliga för hela bostadsbeståndet.

Energianvändning

Snart fyrtio år efter oljekrisen 1973 har man inte kommit särskilt långt inom bostadssektorn när det gäller att minska energianvändningen och skapa ett bra inomhusklimat. Angivna energiuppgifter i denna artikel avser elenergi, där inget annat sägs. Läsaren får själv räkna om uppgifterna till primär energi med aktuella omräkningsfaktorer.

Från en specifik total energianvändning för elvärmda småhus byggda före 1970-talet på cirka 160 kWh/m² år har

nyproduktionens energianvändning i medeltal reducerats till cirka 120 kWh/m² år, SCB (2012). Detta har skett samtidigt som byggkostnaderna kraftigt skjutit i höjden. Energiuppgifterna avser totala energianvändningens summa för byggnadsuppvärmning, varmvatten och husvärmning. Sätten att bygga och använda installationer har blivit allt mer komplexa och svårskötta. De bästa husgrupper byggda under 2000-talet, som finns dokumenterade, har en specifik total energianvändning kring 70 till 80 kWh/m² år.

Störst inverkan på energianvändningen har brukarvanorna och arbetsutförandet, *Harrysson* (1988). För nominellt lika småhus och med ett medelvärde för den totala energianvändningen kring 15 000 kWh/år kan skillnader i brukarvanor uppgå till cirka 10 000 kWh/år mellan låg- och högförbrukare samt skillnader i kvaliteten på arbetsutförandet inkluderande injustering av värme och ventilation till cirka 5 000 kWh/år. Observera att de olika delposterna inte okritiskt kan adderas.

Det är viktigt att rangordna olika tekniska lösningar eftersom det finns goda alternativ i nyproduktion som spar 30 procent av den totala energianvändningen med bibehållen eller högre kvalitet på inomhusmiljön till låga livscykelkostnader, *figur 1*. En sådan väldokumenterad lösning för nya småhus karakteriseras av måttlig

isolering (cirka 300 mm i vägg och golv samt cirka 500 mm i tak), mekanisk frånluftsventilation, vattenradiatorer och frånluftsvarmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Samhällsstöd och styrning för att främja goda lösningar måste ske.

Helhetsgrepp och systemtänkande

Utredningar om byggnaders energianvändning kräver tvärvetenskapliga kunskaper inom många områden: arkitektur, byggt teknik, energi, värme, ventilation, styr- och reglersystem inkluderande distributions- och kulvertförluster samt produktionsteknik och brukarvanor. Det finns många duktiga specialister inom byggprocessens olika delområden. Men, ska byggnaders energianvändning minska radikalt måste man applicera ett ökat systemtänkande och en helhetssyn i sammanhanget. Denna metodik är lika viktig att använda för såväl befintliga hus som nya. Nedanstående erfarenheter och strategier avser nya småhus, men är i princip tillämpliga även på det övriga bostadsbeståndet.

Erfarenhetsåterföring är nödvändig

Uppföljningar av energianvändning och inomhusmiljö i bebodda serieproducerade hus har gjorts alltför sällan. Detta gäller särskilt för hus byggda på 2000-talet samt för

Energihushållning i bostäder

God inomhusmiljö och låg energianvändning kan kombineras!

Människan i centrum

inomhusmiljö/hälsofrågor
minimera komfortskillnader
upplevelser
resurshushållning



Spara 30% energi med

rätt teknisk lösning
noggrant utförande
brukarinflytande
goda lösningar

Figur 1: Sätt människan i centrum! Rätt teknisk lösning kan spara 30 procent energi i kombination med god inomhusmiljö.

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



många äldre hus efter ombyggnad med olika energisparåtgärder. Boverkets byggreglers (BBR) krav på uppföljning och installation av särskild mätutrustning är ett steg i rätt riktning och underlättar framtida uppbyggnad av en kunskapsbank.

Uppmätt kontra beräknad energianvändning

Ofta konstateras stora avvikelser mellan uppmätt och beräknad energianvändning. Vanligen använda metoder för att beräkna byggnaders energianvändning har sällan validerats för bebodda hus, särskilt inte när det gäller nyare hus. Dessa har helt andra värmetekniska egenskaper än äldre byggnader. Bland annat är U-värdena avsevärt lägre, andelen gratisvärme som kan täcka byggnadens uppvärmningsbehov är mycket större liksom de momentana värmeförlusterna via glasytor och ventilation. Använda beräkningsmetoder utgörs ofta av stora datorprogram. Eftersom energianvändningen påverkas av många faktorer med stora variationer är det svårt att steg för steg följa beräkningsprocessen för bedömning av hur olika faktorer inverkar.

Skillnaden i energianvändning mellan två beräkningsfall kan vara mindre än de olika delposternas variationer liksom beräkningsnoggrannheten. Några få beräkningsfall med stora och komplicerade beräkningsprogram kan därför vara ett mindre framgångsrikt angreppssätt för att beräkna byggnaders energianvändning. I stället kan det vara bättre att välja enklare beräkningsmetoder med flera beräkningsfall, där man stegvis kan följa beräkningarna, studera mellanresultaten samt bedöma olika faktorer inverkan på slutresultaten.

Riskfyllda lösningar

Offentlig statistik från Energimyndigheten och SCB visar att energianvändningen i nya flerbostadshus inte minskar trots alla ekonomiska satsningar och skärpningar av byggbestämmelserna som gjorts för att spara energi. Fel och brister kan naturligtvis uppstå inom de olika delarna av kedjan byggnad-värme-ventilation-styr- och reglersystem-utförande-brukare. Boutställningar som Bo92, Bo01, med flera visar på orsaker såsom mer komplicerade värme- och ventilationssystem: luftvärme, golvvärme samt stora glasytor, dåligt arbetsutförande med mera, Harrysson (2009, 2010).

Erfarenheter från såväl serieproducerade småhus som provhus och ekobyar visar på ökat effektbehov för byggnadsuppvärmning, större energianvändning samt komfortproblem vid

- luftvärme, figur 2

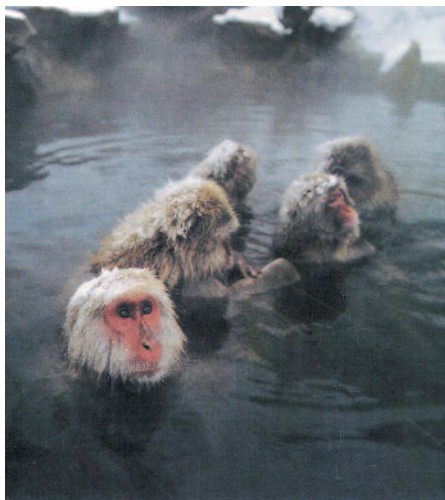
- golvvärme

- stora glasytor

- extremt tjock isolering.

Luftvärme ger problem på grund av:

- Stora risker för övertryck inne som kan orsaka fukt- och mögelskador i klimatskärmen på grund av fuktkonvektion.



Alla mår bättre av luftvärme.

Figur 2: Många boende i hus med luftvärme har andra erfarenheter.

KÄLLA: FLÄKT

- Förorena(n)de tilluftskanaler med risk för nedsmutsning av tak, väggar och golv inne samt ohälsa för de boende, figur 3.
- Luften värms upp av heta ytor. Vid elbatterier kan det bli 400 till 500 °C. Damppartiklar som förbränns i kontakt med de heta elementen ger dålig luftkvalitet.



Figur 3: Föroreningar i luftvärmesystem. Bilden överst visar tilluftskanal av plåt, mittenbilden återluftskanal av träfiberskiva och bilden nederst filter i luftvärmeaggregat.

KÄLLA: CHRISTER HARRYSSON

- Rumstemperaturen bestäms av en enda termostat, även i tvåplanshus. Detta medför komfortskillnader inom och mellan olika rum samt mellan våningsplan, vilket medför ökat energibehov.

- Problem har konstaterats med lågfrekvent buller från fläktar, särskilt i sovrum.

- Komfortproblem förekommer nära glasytor om någon form av värmare inte finns under dessa.

- Luftvärme är ett kombinerat värme- och ventilationssystem. Möjligheter saknas oftast att separat variera luftflöden och värmetillförsel till respektive rum eller mellan olika rum.

Ovan nämnda "allmänna luftvärme-problem" har även konstaterats i Hamnhuset i Göteborg, Gervind (2012). De problem brukarna främst besväras av är:

- För kallt på vintern

- För varmt på sommaren

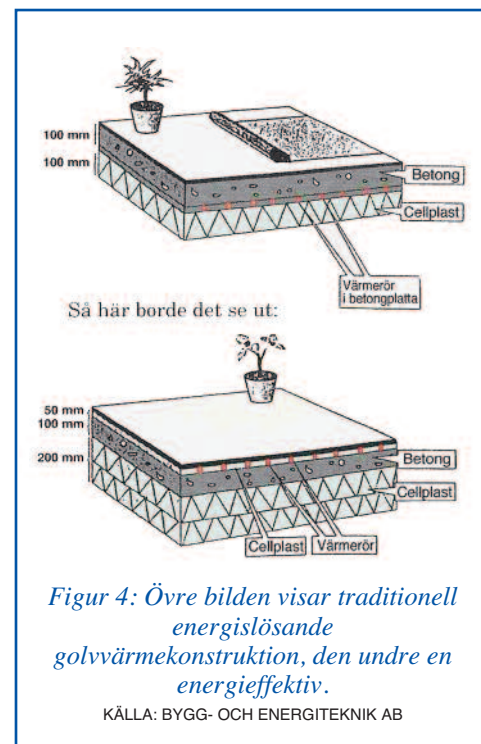
- Matos sprids mellan lägenheterna via den roterande värmväxlaren.

- Draget från tilluftsdonen är irriterande.

Inköpt mängd fjärrvärme till Hamnhuset i Göteborg är 56 kWh/m² år. Solfångare har bidragit med 8 kWh/m² år för värmning av varmvatten. Slutligen uppskattas energi för hushållsel till cirka 25 kWh/m² år och fastighetsel cirka 25 kWh/m² år.

Golvvärme

- Traditionellt utformad golvvärme vid platta på mark, figur 4, kännetecknas oftast av dålig isolering av betongplattan och kanterna, stor värmetröghet som ökar energianvändningen och minskar möjligheterna att utnyttja gratisvärmets.



Figur 4: Övre bilden visar traditionell energislösande golvvärmekonstruktion, den undre en energieffektiv.

KÄLLA: BYGG- OCH ENERGITEKNIK AB

- Vid till exempel golv med klinkerplattor måste golvvärmen vara "igång" hela året av komfortskäl med energiökning som följd.

○ Högre energianvändning på grund av högre golvtemperatur.

○ Bristfällig eller ingen rumsreglering. Det är i första hand golvvärmesystemets värmeträghet som avgör hur snabbt värmetillförseln kan regleras, inte den enskilda termostaternas placering och regler-noggrannhet.

Stora glasytor

○ Större glasytor ökar värmeeffektuttaget och energianvändningen samt leder till fler komfortstörningar under såväl vinter-som sommartid, *figur 5*. Inte minst ökar kylbehovet sommartid med glasyornas storlek, men också beroende på solav-skärmningen.

○ Byggkostnaderna ökar. Glas är dyrare än vanlig vägg. Även fönster med låga U-värden läcker betydligt mer värme per kvadratmeter än väggen det sitter i.

○ Kondensproblem på glasets utsida, som ökar ju lägre U-värdet är, men kan reduceras med markiser eller andra av-skärmningar av utstrålningen mot en klar natthimmel när det är kallt.

Extremt tjock isolering

○ Åtskilliga passivhus har försetts med extremt tjock isolering som inte ens kan försvaras genom livscykelanalys. För yttreväggar kan nämnas ett exempel där väggisoleringen antas ha ökat från 290 till 490 mm mineralullsisolering. Denna ökning spar en procent energi under den antagna livslängden 50 år vid perfekt arbetsutförande. Därtill ska läggas kostnader för större byggnadsarea eller mindre boarea liksom att byggkonstruktionen blir dyrare med tjockare isolering.

○ Ju större isolertjocklek desto mindre är uttorkningseffekten med ökad risk för fukt- och mögelskador.

○ Ju större isolertjockleken är desto viktigare är arbetsutförandet för att det beräknade U-värdet ska nås även i praktiken. Med ökad isolertjocklek och mineralull ökar riskerna för egenkonvektion och nedsättning av isolerförmågan, något som

också förstärks av brister i arbetsutförandet.

○ Miljöutsläppen vid produktion av isolermaterial är betydande och måste beaktas.

Lämpliga kombinationer

Den valda kombinationen av delsystemen byggnad-värme-ventilation-styr- och regler-system kan ha stor inverkan på energianvändning, inomhusmiljö och livscykelkostnad. Av särskild betydelse är:

○ Rums- eller radiatortermostaternas regler-noggrannhet. I hus med golvvärmesystem är det dock golvvärmens värmeträghet som avgör.

○ Distributions- och kulvertförluster (Värme- och ventilationssystemen inomhus, i klimatskärmnen eller på vinden? Kulvertförluster på tomten?).

○ Styr- och regler-systemen. Behovstydigt rumsvis reglering av luft- och värmetillförseln är bäst.

○ Valet av värmeåtervinning: ventilationsvärmväxlare eller frånluftsvärmepump. Särskilt roterande värmväxlare kan medföra fukt- och luktproblem. Frånluftsvärmepumpen spar energi både för varmvatten hela året och byggnadsuppvärmning under uppvärmningssäsongen, medan ventilationsvärmväxlaren endast minskar energianvändningen för byggnadsuppvärmning under uppvärmningssäsongen.

○ Golvvärmen utformas så att såväl produktions- som energikostnader minimeras. Isoleringen av platta och kanter, värmeträghet och valet av golvmaterial är därvid betydelsefulla faktorer.

Suboptimerade delsystem

Nedan ges exempel på hur ”suboptimeringar” av delsystemen kan medföra högre energianvändning och försämrade komfort. Som framgår motverkar delsystemen varandra med dåligt resultat för helheten, det vill säga byggnaden som system.

Bristfällig samverkan mellan separata styr- och reglerutrustningar för fjärrvärme, golvvärme och FTX-ventilation. Ibland stöter man på att olika styr- och regler-system inte samverkar med varandra inte ens i nya hus. Ett exempel är ett småhus med fjärrvärme och reglerutrustning i växlaren som styrde framledningstemperaturen till golvvärmen efter utetemperatur. Värmen i respektive rum styrdes via rumstermostat placerad på innervägg centralt i huset över ett stråk i golvet, där samtliga golvvärmerör låg oväntat högt. Detta ledde till höga luft- och yttemperaturer inom nämnda område och för kallt i andra halvan av vardagsrummet nära ytterväggarna som hade stora glasytor. Vid solbelysning blev det i stället för varmt i rummet nära glasytorna, vilket förstärktes av att rumstermostaten satt långt från de solbelysta ytorna.

Huset hade FTX-ventilation med elbatteri och en temperaturgivare i tilluften som styrdes via en egen reglercentral. Värmetillförseln via tilluften, golvvärmen och gratisvärmets samspelade dåligt främst beroende på värmeavgivningen från golvvärmerören, solinstrålningen och rumstermostaternas placering inklusive temperaturgivaren i FTX-aggregatet. Därtill ska läggas golvvärmens värmeträghet vid platta på mark och underliggande isolering. Sammantaget medförde den bristfälliga samverkan till ökat energibehov för byggnadsuppvärmning och därtill sämre komfort.

Samverkan golvmaterial – golvvärme – värmepump. Efter oljekrisen 1974 utvecklades konstruktionen platta på mark med tilläggsisolering på plattans översida och träreglar. Denna lösning gav upphov till ett stort antal fukt- och mögelproblem med byggskador och inomhusmiljöproblem. Omfattande forskning ledde i slutet på 1970-talet fram till att isoleringen ur fukt-synpunkt i stället ska placeras under plattan. Denna hårda golvkonstruktion bådade emellertid för ökad användning av klinkerplattor som golvmaterial och sedermera på grund av att golvet kändes kallt till en kraftig ökning av golvvärme.

Golvvärme i sig ger högre produktionskostnad än radiatorsystem och dessutom avsevärt högre total energianvändning med flera tiotal procent. Hus med golvvärme har alltid högre total energianvändning än motsvarande hus med radiatorsystem, även om en del av isoleringen läggs på plattans översida och golvvärmerören överst.

Om man i stället väljer trä eller träbaserade produkter som golvmaterial och några centimeter cellplastisolering på översidan behövs inte golvvärme från komfort-synpunkt. Såväl produktionskostnad som energianvändning blir avsevärt lägre med radiatorsystem. Man får då ett golv som känns tillräckligt ”varmt” även utan golvvärme.



Figur 5: Radiatorer som komforthöjare vid stora fönsterytor.

Många hus med golvvärmesystem visar sig i praktiken ha relativt hög framledningstemperatur beroende på brister i utförande vad gäller placering av golvvärmerören i horisontell och vertikal riktning samt injustering beroende på värmemotståndet hos golvmaterial, till exempel bräder och eventuell isolering över värmerören. Även tjocka golvmaterial av textilmaterial ökar värmemotståndet.

I praktiken har hus med golvvärme, beroende på konstruktion, föga lägre värmebärartemperatur än radiatorsystem av lågtemperaturtyp och därmed marginell skillnad för värmepumpars energibesparing.

Samspelet fönsterytor - golvvärme - ventilation. I hus med golvvärme och frånluftsventilation klagar brukarna ofta på drag nära väggventilerna (uteluftsdonen), figur 6. Bilden visar en spaltventil. Uteluftsdonen sitter i regel i ytterväggarna nära tak, över eller under fönstren i

U-värden jämfört med väggar. Donens luftspredande egenskaper har stor betydelse för komforten inne, figur 7.

Olägenheter i form av drag/stora luft rörelser har ibland konstaterats till och med ett par meter från väggventilerna orsakat av att dessa har olämplig utformning samt av att det saknas värmare under fönstren till exempel vid golvvärme, figur 8 och att golvvärmens värmeeffekt normalt fördelas på hela golvytan.

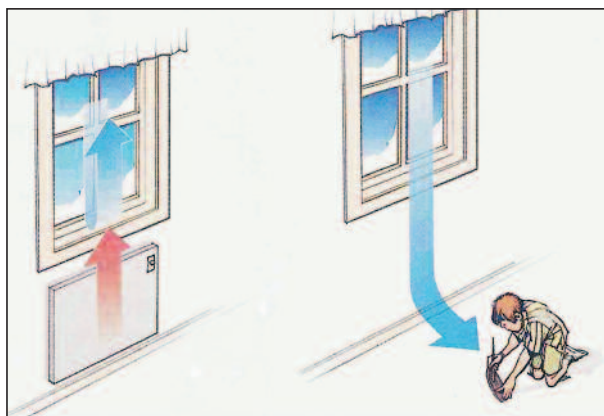
Bristfällig samverkan styr- och regelsystem FTX-ventilation/golvvärme. Värme tillförs via tilluften. Takinblåsning är vanligast. Tilluftstemperaturen styrs i regel med en termostat nära aggregatet. Värme tillförs också via golvvärmesystemet och bestäms då dels via utegivare och motorshunt för reglering av framledningstemperatur, dels via rumstermostat som öppnar och stänger termostatventilen i golvvärmeslingornas fördelare. Med andra ord bestäms värmefördelningen både av ventilationssystemet och golvvärmesystemet. Besvärande komfortproblem kan uppstå orsakade genom stora temperaturskillnader på golvet och i luften. Dessa skillnader beror på inställd temperatur hos respektive delsystem, rumstermostatens placering, gratisvärmebelastningar från sol via fönster eller värmeavgivning från rördragningar i golvet.

För lägsta energianvändning och hög komfort ska framledningstemperaturen hållas nere. Rumstermostaten placeras för att i görligaste mån beakta gratisvärmeskott och minimera komfortskillnader med mera. Vidare måste golvvärmesystemets tröghet beaktas. Exempelvis har golvvärmesystem i platta på mark och underliggande isolering en tidsfördröjning mellan värmefördelning och värmeavgivning via golvet på drygt tio timmar. Den värme som matas in när det normalt är som kallast ute, cirka klockan 2 på natten, avges således till rummen cirka klockan 14 på dagen, när det är som varmest ute och solinstrålningen som störst. Traditionell golvvärme är således ett systemfel med hänsyn till bästa energieffektivitet.

En noggrann injustering av värme- och ventilationssystemen kan spara flera tiotal procent energi. I det aktuella huset uppmättes dessutom ett temperaturfall i tilluftskanalen på 2 °C från aggregatet till det längst bort belägna donet, vilket tyder på dåligt isolerade kanaler.

Några rekommendationer för utformning av nya småhus

Systemtänkande - helhetssyn. Ett framgångsrikt energisparande karakteriseras



Figur 8: Kallrasproblem när värmare saknas under fönster till exempel vid golvvärme eller luftvärme.

KÄLLA: ENERGIMYNDIGHETEN

av helhetssyn och systemtänkande. Framför allt måste man välja lösningar som är funktionella, lätta att bygga med samt att sköta för de boende. Vid utformningen måste särskilt samspelet arkitektur, byggt teknik, värme, ventilation, styr- och regelsystem samt utförande och brukare beaktas. Låg energianvändning och hög komfort uppnås i praktiken säkrast med enkla beprövade lösningar som är produktionsvänliga för byggaren och lätt-skötta för den boende.

Utgångspunkten för all utveckling måste vara att ta lärdom av praktiska erfarenheter från serieproduktion och av provhus och ekobyggnad. I annat fall är, som framgår av denna artikel, risken stor för inomhusmiljöproblem, byggsador och helt eller delvis utebliven energibesparing liksom oväntat höga livscykelkostnader. De nya byggreglerna med krav på energifullföljning och extra elmätare förushållsel medför ökade möjligheter att fastlägga orsaker till utebliven energibesparing och andra miljöproblem.

Isolering. I nyproduktion är det självklart att isolertjockleken (U-värdet) ska vara så optimal som är praktiskt möjligt med beaktande av livscykelkostnad. Detta medför att isolertjocklekar med mineralull eller styrencellplast begränsas till cirka 300 mm i golv, 300 mm i väggar och 500 mm i tak. Livscykelanalys av väggar visar exempelvis att man spar en procent energi om isolertjockleken ökar från 290 till 490 mm samtidigt som skaderiskerna för fukt- och mögelproblem ökar bland annat på grund av mindre uttorkningseffekt. Därtill ska läggas ökade kostnader för tjockare väggar med större mängder material, större byggnadsarea eller mindre boarea.

Fönster. Fönsterytor bör begränsas ner mot cirka tio till femton procent av boarean, vilket är tillåtet enligt BBR. Det går att bygga vackra hus även med små fönsterytor, figur 9. Fönstrens U-värde bör inte vara lägre än cirka 1,1 W/m² K med hänsyn till antalet timmar med utvändigt kondens, figur 10. Ju mindre fönsterstorlekarna är desto mindre blir effekt- och energianvändningen liksom komfortproblemen såväl sommar- som vintertid.



Figur 6: Spaltventiler ger ofta dragproblem.

”torra utrymmen” som vardagsrum och sovrum. Placeringen motiveras av att man vill minimera inverkan av kallras och kallstrålning från fönstren, som har höga



Figur 7: Uteluftsdonets luftspredande egenskaper är viktiga för komforten.



Figur 9: Villa i Sälen med små fönsterytor.

Kostnaden för solavskärmning är avsevärd. Exempelvis kostar utvändiga manuellt reglerade markiser storleksordningen 3 000 kronor per meter. Fönster kostar väsentligt mer än den opaka (ogenomsynliga) väggytan. Med mindre fönster skulle det således bli mindre komfortproblem under både sommar och vinter.

Täthet. Med noggrant arbetsutförande bör man kunna uppnå en högsta oavsiktlig ventilation av $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ eller cirka 1 oms/h som i Lindås Park. Denna nivå nådde exempelvis Hjaltevadshus redan på 1990-talet. God täthet är nödvändig för att minska riskerna för fuktkonvektion och skador i klimatskärmen samt för att kunna styra en större del av ventilationsluften. I lätta konstruktioner åstadkoms tätheten främst med skivmaterial och folier. Speciellt måste skarvarna vara understödda samt täta och klämda. Endast i undantagsfall bör tejper och fogmassor användas.

Värme och ventilation. Vid utformning av nya hus råder betydande enighet om att utforma klimatskärmen med så små värmeförluster som det är praktiskt och ekonomiskt möjligt. För valet av värme- och ventilationssystem inklusive

återvinning råder däremot delade meningar med två huvudalternativ. Den ena falangen pläderar för passivhus som karakteriseras av relativt stora fönsterytor, extremt tjock isolering, hög täthet samt FTX-ventilation och luftvärme. Värmetillförseln regleras med en termostat i tilluften. Den andra falangen pläderar för lågenergihus som utgörs av måttliga fönsterytor och isolertjocklekar med vattenradiatorer och frånluftsventilation samt frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Lösningen specificeras utförligare under avsnitt "Slutsatser".

Valet av värme- och ventilationssystem måste ske utifrån möjligheterna att ordna rumsvis reglering av luft- och värmetillförseln samt ett maximalt utnyttjande av gratisvärme internt och från solen. Därmed är separata värme- och ventilationssystem att föredra.

Ju energisnålare byggnaden i sig är desto större andel av uppvärmningsbehovet täcks med gratisvärme. Därför måste värmesystem i nya byggnader ha liten värmetröghet samt möjligheter att snabbt och noggrant reglera värmetillförseln. Nämda krav uppfylls billigast med radiatorer och termostater på dessa. Radiatorsystem är dessutom placerade inomhus medan golvvärme är placerade i klimatskärmen! Väljer man golvvärmesystem måste detta utformas för låg värmetröghet, det vill säga med golvvärmerören placerade nära överytan. Värmefördelande plåtar etcetera ökar då byggkostnaden med cirka 700 kronor per kvadratmeter jämfört med radiatorer.

Elvärme eller fjärrvärme? Elvärmda nya småhus med energiteknisk standard som passivhus eller lågenergihus har en specifik total energianvändning på cirka $80 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ år}$ fördelat på summa byggnadsuppvärmning och varmvatten $55 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ år}$ enligt BBR och hushållsel

uppskattas till $25 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ år}$. Solfångare har i några passivhusområden minskat mängden inköpt energi för varmvatten med cirka $10 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ år}$.

Med så låg total energianvändning som $80 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ år}$ är inte fjärrvärme ekonomiskt intressant. Uppgifter finns om att småhus byggda på 1980- och 1990-talen på ordinarie tomter har kulvertförluster på 25 till 40 procent, *Persson (2005)*. På passivhusnivå blir naturligtvis de "procentuella förlusterna" avsevärt högre.

Slutsatser

För att man i praktiken ska nå låg energianvändning och god inomhusmiljö till låg livscykelkostnad måste kombinationen arkitektur-byggnad-värme-ventilationstyr- och reglerutrustning- utförande-brukare vara lämplig. Praktiska erfarenheter



Figur 10: Kondens på utsida energieffektivt fönster i Ellös, augusti 2011.

visar att isoleringen ska vara måttlig, fönsteryorna begränsas och fönstren vara energieffektiva, styrningen av luft- och värmeförseln ska vara rumsvis behovstyd och noggrant reglerad samt medföra högt gratisvärmeutnyttjande. Värmeåtervinningen ur frånluften ska vara energieffektiv och ge en hög besparing till låg kostnad, utan inomhusmiljöproblem.

Ett exempel på framgångsrikt energisparande med god inomhusmiljö till låg livscykelkostnad för småhus karakteriseras som nämnts av:

○ måttlig isolering: väggar motsvarande cirka 300 mm mineralull, tak cirka 500 mm och golv cirka 300 mm

○ fönsterytor begränsas till tio till femton procent med U-värde kring 1,0 till 1,2 W/m² K

○ vattenradiatorer och frånluftsventilation

○ värmeåtervinning med frånluftsvärme-pump för byggnadsuppvärmning och varmvatten

○ styr- och regleringssystem med framledningskännare, utgivare och radiatortermostater.

Med denna väldokumenterade enkla beprövade lösning och karakteristiska uppskattas den specifika totala energianvändningen till 80 kWh/m² år, varav cirka 25 kWh/m² år utgör hushållsel.

Rätt val av teknisk lösning kan således spara 30 procent energi med god inom-

miljö och låg livscykelkostnad. Nya material, konstruktioner och installationer måste dessutom omsorgsfullt testas och utvärderas såväl teoretiskt, i laboratorium som under ett par år i minst ett trettiotal bebodda hus. Först då kan beslut fattas om att starta den eventuella serieproduktionen. I annat fall löper samhället och brukarna stor risk att råka ut för omfattande byggnadsskador och inomhusmiljöproblem. Exempel på detta saknas ingalunda som till exempel enstegstätade putsfasader, hälsovådliga luftvärmesystem och energislösande golvvärme. ■

Referenser

Boverket (2008). *Regelsamling för byggande, BBR*. Boverket, Publikations-service, Karlskrona.

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.

Gervind, P (2012). *Resultat från mätningar i lågenergihuset Hamnhuset under ett år*. Samhällsbyggaren, nr 2, 2012, Stockholm.

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

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 inomhusmiljö kvalitet. 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.

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

Klittervall, T (2012). Personlig kommunikation, Södra Sandby.

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 (2009). *Hem för miljoner. Förutsättningar för upprustning av miljonprogrammet – rekordårens bostäder*. Stockholm.

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