

Tvärvetenskaplig energiforskning med uppföljning visar andra resultat än ogrundade mediauppgifter

Se helheten klimatskärm – värme – ventilation – styr- och regler-system – brukare – utförande för goda ventilationslösningar

Trots alla försök som gjorts sen oljekrisen 1973 för att minska energianvändningen i bostäder ökar den totala energianvändningen. Det vill säga summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Även avvikelserna mot beräknade värden tenderar att öka. Orsakerna till detta är bland annat brukarvanor, dåligt utförande, luftvärme/passivhus, golvvärme, stora glasytor och extremt tjock isolering.

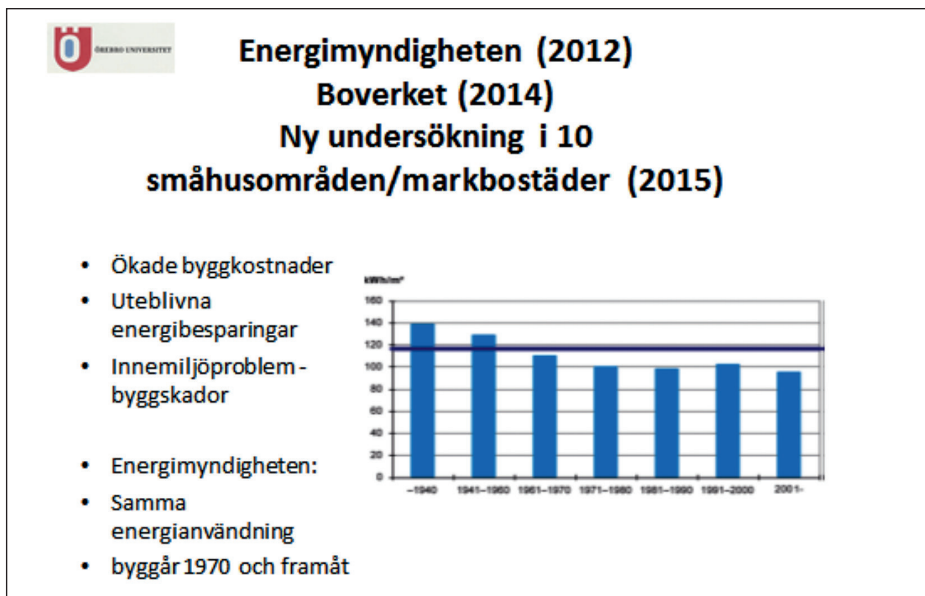
Denna artikel vill visa på möjligheter till ett bättre byggande med låg energianvändning och god inomhusmiljö genom att fokusera på samspelet byggt teknik, värme, ventilation, värmeåtervinning, styr- och regler-system, brukare och utförande. Detta uppnås säkrast med enkla, beprövade och lättskötta lösningar.

Formerna för byggande, uppföljning och kontroll måste ändras om energisparandet ska bli verklighet. För det finns tekniska lösningar som har 30 procent lägre energianvändning med bibehållen eller bättre inomhusmiljö och till samma byggkostnad. Därför är det angeläget att undersöka och rangordna de olika tekniska lösningarna. Kunskaper finns, men används inte i tillräcklig utsträckning.

Beska sanningar om energisparandet i bostäder!

Hus byggda från 1970 och framåt visar oavsett ålder i stort sett samma energianvändning! Få energisparatsatningar har gett utlovat resultat. Den verkliga energianvändningen i nya hus är oftast avsevärt högre än den beräknade. Detta visar såväl Energimyndighetens undersökning (2012) som Boverkets rapport (2014) och Harrysson (2015a,b,c), figurerna 1, 2 och 3. Mindre än en tredjedel av de

Artikelförfattare är **Christer Harrysson**, professor i byggt teknik Örebro universitet.



Figur 1: Erfarenheter av nya småhus enligt tre olika undersökningar.

undersökta husen i Boverkets undersökning klarar beräknade värden för lågenergihus och passivhus. Orsaker till detta är bland annat att de olika delsystemen mellan klimatskärm och ventilation – värme – värmeåtervinning passar dåligt ihop. Likaså är utförandet ofta bristfälligt (byggs-larv). Dessutom varierar brukarvanorna kraftigt mellan olika hus.

Detta är egentligen kända fakta. När ska myndigheter och politiker agera för att Sveriges energimål ska kunna uppnås även i verkligheten. Och inte bara vara en vision? Ord på papper som vi sällan ser spår av i byggandet.

Många felaktigheter och häpnadsväckande energiuppgifter lanseras i media. Av dessa kan man förledas tro att energianvändningen närmar sig nollenergihusens påstådda låga nivå. Verkligheten är dock en helt annan. I teveprogrammet Husdrömmar i SVT1 den 29 februari klockan 20 beskrevs att nya småhus normalt har energianvändningen 25000 kWh/år och det aktuella passivhuset utanför Växjö 2000 kWh/år.

Fakta är i stället att nya småhus genom-

snittligen har en total energianvändning på cirka 15000 kWh/år och cirka 120 kWh/m² år. Vad passivhuset utanför Växjö använder i verkligheten var inte uppmätt, det var inte färdigbyggt!

Provhus och experimentbyggande, som Bo92, Ahnland (1996), Cajdert (1999, 2000) och Bo01, Harrysson (2009, 2010), visar extremt dåliga resultat och långt ifrån vad välbyggda serieproducerade hus med enkla, beprövade och lättskötta lösningar har. De dåliga resultaten beror främst på brister i utförandet (byggs-larv) och på komplicerade tekniska lösningar för värme och ventilation, som luftvärme och golvvärme samt stora glasytor.

Sammanfattningsvis är några av orsakerna till de uteblivna energibesparingarna och komfortproblemen, figur 4:

- Gynnsamma indata (glädjekalkyler) och beräkningsmetoder.
- Ju energisnålare huset är desto svårare är det att uppnå beräknade värden i verkligheten.
- Beräknad energianvändning är oftast (glädjekalkyler på bristfälligt underlag) lägre än uppmätt

- Bristfälligt arbetsutförande för tätning- ar och isolering liksom vid injustering av värme- och ventilationssystem.
- Extremt tjock isolering med nedsatt isolerförmåga samt ökade risker för fukt- och mögelskador.
- Svårreglerade värme- och ventilations- system med övertemperaturer och lågt gratisvärmeutnyttjande.
- Gratisvärme täcker en allt större andel av byggnadens energibehov och beak- tas inte på ett relevant sätt.
- Stora glasytor. Energianvändningen ökar med glasyternas storlek.
- Värme- och ventilationssystemen för luftvärme regleras med en centralt placerad termostat.
- Energianvändningen ökar med ökad ventilation.
- Luftvärme med FTX-ventilation drar mer energi än radiatorsystem och från- luftsventilation utan återvinning. Detta visar ombyggnad av ett område med åtta småhus utanför Halmstad.
- Stora distributionsförluster från kanal- system vid värmeåtervinning, särskilt vid luftvärme och FTX-ventilation.
- Hög värmekapacitet hos byggnadsde- clar och integrerade värmesystem som golvvärme.
- Golvvärmens värmetröghet i betong- plattan ökar energianvändningen jäm- fört med radiatorsystem. Samspelet hus – golvvärme – solinstrålning – eldning i braskamin, medför komfortproblem i form av övervärme med stora tempera- tursvängningar och energiökningar.
- Golvvärme i betongplatta kräver 50 procent mer isolering för att ha samma värmeförluster som om huset har radia- torsystem. Att det går långsamt att öka värmen är en olägenhet som inte går att komma ifrån.
- Fjärrvärme med stora distributionsför- luster. Procentuellt sett blir dessa större ju energisnålare huset i sig är.

Vanliga sätt att bygga småhus

Olika tekniska lösningar och kombinationer förekommer, som också beror på aktuellt energislut, figur 5. Betydande enighet råder om att bygga täta och välisolerade hus. Åsiktsskillnader förekommer om isolertjocklek och täthetsnivåer. När det gäller valet av värme- och ventilations- system, hur värmeåtervinning ska ske liksom energislut, el eller fjärrvärme, är skillnaderna i uppfattning avsevärt större.

Nya småhus byggs från energisynpunkt huvudsakligen på i princip två olika sätt och det är om dessa debatten huvudsakli- gen handlar:

- ”Måttlig isolering”, motsvarande cirka 30 cm mineralull i vägg, 50 till



Andra undersökningar

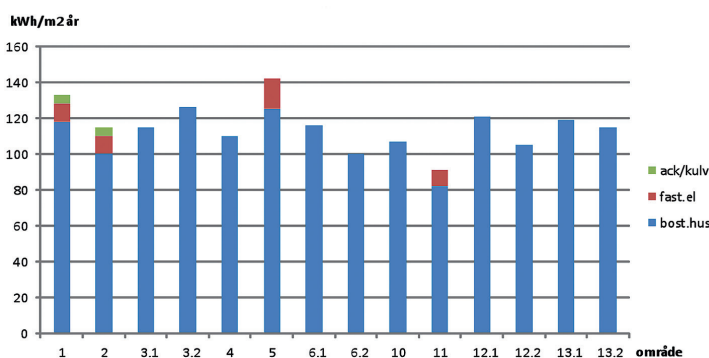
Energimyndigheten (2012)

- 7 000 småhus
- Byggår 1970 och framåt med elvärme, samma totala energianvändning
- 116 - 125 kWh/m² år

Boverket (2014)

- ca hälften av 60 energideklarerade klarar kraven på lågenergihus 25 % under BBR19
- av 17 undersökta klarar ca hälften BBR19
- av dessa klarar bara 1/3 25 % lägre energinivå

Figur 2: Några erfarenheter från under- sökningar av Energimyndigheten (2012) och Boverket (2014).



Figur 3: Specifik total energianvändning, summan för bostadshus, fastighetsel och ackumulatortank/kulvertar. Medelvärde för respektive område. Detaljerad information om husområdena finns i Harrysson (2015a,b,c)

60 cm i tak och 30 cm i golv (platta på mark är förhärskande) med mera. Husen har nästan alltid golvvärme i bottenvåningen och ibland radiatorer i övervåningen, frånluftsventilation samt frånluftsvärmepump för byggnadsupp- värmning och varmvatten. Observera att golvvärme i betongplattans under- kant är trögreglerad och energislösande.

- Passivhus. Extremt tjock isolering motsvarande 40 till 45 cm mineralull i väggar osv. Glasytorna är ofta stora med övertemperaturer (för varmt inne när det är varmt ute, för kallt inne är det är kallt ute) med komfortproblem som följd. Husen är i regel elvärmde med luftvärme det vill säga FTX-ven- tilation och elbatteri. Det integrerade värme- och ventilationssystemet styrs endast med en centralt placerad termostat. Detta medför lågt gratisvär- meutnyttjande och besvärande kom- fortskillnader mellan olika utrymmen.

Vid fjärrvärme ersätts i första alternati- vet vanligen frånluftsvärmepumpen med FTX-ventilation. I det andra fallet ersätts ibland elbatteriet med ett vattenbatteri.

Ventilation – energibehov – komfort. De båda vanligaste sätten att bygga små- hus har konstant ventilation som praktiskt sett inte kan eller bör varieras.

El eller fjärrvärme? Ju energisnålare

byggnaden är desto mindre motiverat är det med fjärrvärme, eftersom kulvertför- lusterna procentuellt sett ökar desto ener- gisnålare huset är, från 25 till 40 procent i 1990-talets småhus till det dubbla, 50 till 80 procent i passivhus, Persson (2005) och Harrysson (2006).

Reflektioner på några vanliga men mindre lämpliga ”energiparåtgärder”

Luftvärme med FTX-ventilation. Luft- värme med återluft fick ett stort uppsving under 1980-talet. Med tiden kom allt fler klagomål på hög energianvändning, effektbrist och ohälsoproblem för de boende. Bland annat Riqumas konkurs 1991, de många misslyckandena med Bo92 och andra praktiska erfarenheter från bebodda hus, Harrysson (1994), blev en tankeställare. Detta ledde till att Bover- ket förbjöd luftvärme med återluft 1994. Sedan millenieskiftet ökar användningen av luftvärme i passivhus, i denna variant dock utan återluft. Man tycks ha glömt vad man lärt av det här beskrivna.

Komplicerade ventilationssystem som FT-ventilation med eller utan värmeåter- vinning är svåra att styra och reglera. Systemen är dessutom underhållsinten- siva med stora kostnader för filterbyten och kanalrensning samt har betydande regler- och distributionsförluster. Värme-

tillförseln styrs via en centralt placerad termostat, vilket medför lågt tillvaratagande av gratisvärme. Därtill ska läggas betydande risker för ohälsoproblem på grund av förorena(n)de ventilationskanaler. Kanalsystemen ligger dessutom ofta i lösfallnadsisolering i vindsbjälklaget med betydande distributionsförluster. Den så kallade 3HE-studien vid Uppsala universitet visar, Granmar (2016), att diagnostiserade allergier är vanligare i hus med frånlufts-/tilluftsventilation än i fastigheter med enbart frånluftsventilation.

Energibesparingen med FTX-ventilation är i verkligheten i bebodda hus avsevärt mindre än beräknade värden respektive uppmätt i laboratorium på ventilationsvärmesväxlare under idealiska betingelser med rena apparater. Regler- och distributionsförluster tillkommer och är i praktiken betydande. Särskilt påtagligt är detta för FTX-system. Verkligheten, på en högre systemnivå, har helt andra förutsättningar inkluderande föroreningar, kanalförluster och reglerförluster. De boende bidrar till ytterligare reduktion av energibesparingen beroende på sina vanor och skötsel av systemen. Energibesparingarna är i praktiken små kanske 1000 till 2000 kWh/år och småhus mot beräknade eller laboratoriemätta värden, som kan uppgå till 5000 kWh/år.

Ombyggnader av småhus med luftvärme (FTX-ventilation och elbatteri) till elradiatorer och frånluftsventilation utan värmeåtervinning, Harrysson (2015a,b,c), visar på både högre komfort och lägre energianvändning. Denna lösning måste vara intressant även för passivhus.

Golvvärme. Under 1990-talet började allt fler hus byggas med golvvärme. Från mitten på decenniet klagar allt fler husägare på 20 till 30 procent högre energianvändning med golvvärme än med radiatorer, Harrysson (1997). Detta trots att reklamen utlovar en besparing på 10 till 20 procent, 1 till 2 °C lägre lufttemperatur och varma golv. Energiökningarna beror på för liten isolering under plattan, dålig kantisolering, stor värmetröghet med ingjuten golvvärme i underkant platta på mark. Tilläggas ska att golvvärmerna ofta är i drift även sommartid för att golvet annars känns kallt, särskilt om man har klinkergolv. Med ökad energianvändning som följd.

Med tiden har allt fler klagomål kommit på komforten. Golvet är inte varmt när rummet saknar värmebehov! Sedan början på 2000-talet råder konsensus i branschen om att golvvärme är energislösande. Trots det byggs nästan alla nya småhus med golvvärme, åtminstone i bottenvåningen. Energianvändningen ökar. Komforten är



Uteblivna energibesparingar

- brist på helhetsgrepp och systemtänkande
- brist på uppföljning och erfarenhetsåterföring
- delsystemen passar inte ihop
- gynnsamma beräkningar, olämpliga metoder, indata eller mätsystem
- ju energisnålare huset är desto svårare att nå beräknade värden (variationerna ökar, nya fenomen)
- utformning, utförande och utbildning
 - sämre klimatskärm än förväntat
 - installationer med dåliga prestanda

Figur 4: Några orsaker till uteblivna besparingar.



Byggnadstekniska och/eller installationstekniska åtgärder?

Klimatskärmen

- husform
- täthet
- isolering
- glasytor

Värme och ventilation

- F eller FTX
- luftvärme, golvvärme,
- radiatorer
- värmeåtervinning
- värmepump eller vvx
- solfångare
- solceller
- annat

Figur 5: Olika tekniska lösningar och kombinationer förekommer.

under vissa förhållanden sämre än med radiatorer till exempel under fönster, nära väggventiler och vid eldning i braskamin. Golvvärme med sin stora tröghet passar dåligt ihop med eldning i braskamin i energisnåla småhus.

I hus med golvvärme blir naturligtvis golvet varmare än ett golv utan golvvärme. Men, endast när värmebehov föreligger. Det är skönt när golvet är varmt. Men, som påpekats är olägenheterna med golvvärme många. För att undvika energiökning måste ett sådant golv isoleras mera än ett golv utan golvvärme enligt Boverket (2003) och Roots & Hagentoft (2000), figur 6. Dessa båda uppger att det behövs 50 procent mer isolering vid tjocklekar runt 200 mm. Isoleringökningen gäller med aktuella beräkningsförutsättningar. För andra golvbeläggningsmaterial med mera gäller andra resultat. Värmeisolerande material som kork och trägolv erfordrar ännu större isolertjocklekar. Energieffektiv och komfortabel golvvärme ska dessutom ha liten värmetröghet.

En sanning som sällan beaktas, är det självklara att värmesystemet, ledningar och radiatorer och andra värmeavgivare ska vara inomhus. Då tas all värme tillvara och kommer huset till godo.

Klimatskärm – Utförande. Noggrant utförande av isolering och tätningar samt justering värme och ventilation är bland de lönsammaste energisparåtgärderna. Utförandet måste bli bättre både för isolering, tätningar samt justering av värme- och ventilationssystem. Hittills gjorda erfarenheter visar till exempel i Norge att den verkliga energibesparingen i 83 småhus blev cirka hälften av den beräknade, Sörensen (1981). I Sverige visar undersökningar av Harrysson (1994, 2015) att ett husområde med isolerstandard cirka 12 cm mineralull i vägg och så vidare i 51 stycken friliggande ett och ett halvplanshus genomsnittligen har i stort sett samma energianvändning som ett annat område med 34 cm i vägg osv i 22 stycken ett och etthälvplans radhus. Förklaringen är att det förra området har betydligt bättre

utförande (inget byggsparv) och enklare systemlösning med elradiatorer och självdragsventilation. Enkelhet är billigare, har färre driftstörningar och lägre underhållskostnader.

Tjock isolering/Glasytornas storlek.

Ju tjockare isoleringen är desto mindre nytta gör den sista centimetern. Flera utredningar visar att dagens isolertjocklekar är optimala till exempel för väggar runt 30 cm mineralull eller motsvarande. Man kan spara energi med mindre fönsterytor. Det är möjligt bygga vackra hus även ner mot 10 procent av golvytan, som minst krävs enligt BBR22. Livscykelanalys liksom andra överväganden visar att tjocklekar runt 35 cm eller mer i väggar har låg lönsamhet. Samtidigt ökar riskerna kraftigt för fukt- och mögelskador i väggarna, Mundt-Petersen (2015). Fukt utifrån tränger in längre än decimetern i väggarna, vilket är mer än man trott och gäller även väggar med luftspalt. Ju tjockare väggarna är desto större är skaderiskerna och viktigare att detta beaktas.

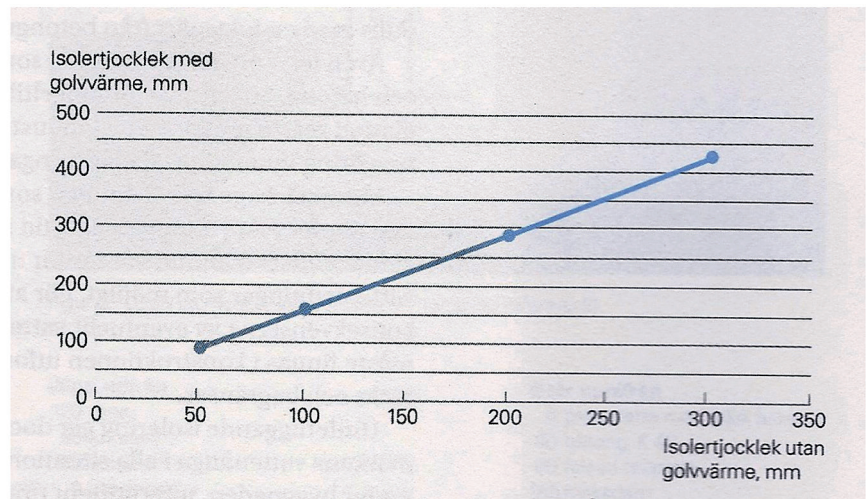
Förr när väggarna var tunnare, kunde mer värme tränga in och torka ut fukten. I takt med att det byggs allt fler "lågenergi-hus" blir det allt viktigare att beakta fuktförhållandena. Man ska undvika biologiska isoleringsmaterial och väggskivor med magnesiumoxid eller plywood i de yttre delarna av väggen. Materialen som används ska torka snabbt, om de ändå skulle bli fuktiga. Fasaden ska motstå slagregn så bra som möjligt.

Fem procent ökad glasarea kräver tio procent mer energi! En femprocentig ökning av glasarea ökar energianvändningen för byggnadsuppvärmning med fem till tio procent och därmed kostnaderna. Överslagsmässigt motsvarar detta energiökningen cirka 700 kWh/år med antagandena: skillnaden i glasarea fem procent, boarean 150 m², uppvärmningsbehovet 80000 °C samt skillnaden i mörker-U-värde mellan glasarea och vägg 1,2 W/m² K.

Passivhus

Passivhus för dyra och komplicerade.

Passivhusen är alldeles för dyra att bygga och värma upp, figur 7. Orsaker till detta är bland annat extremt tjock isolering samt luftvärme med regler- och distributionsförluster. Andra orsaker är att byggnadsarean ökar och/eller boarean minskar. Komforten är många gånger undermålig och komplettering med elradiatorer krävs därför ofta. Klagomål på inomhusmiljön förekommer också. Systemet med luftvärme är underhållsintensivt och många gånger klagar de boende på förore(n)de ventilationskanaler. Dessutom krävs omfattan-



Figur 6: Jämförelse av isoleringsbehov med och utan golvvärme, för att få lika låga värmeförluster till marken. Källa: Roots & Hagetoft (2000) och Boverket (2003).



Passivhus i teori och praktik

Hus utan värmesystem - Nollenergihus

Värme behövs redan vid 5 plusgrader

Kroppsvärmehus - Självvärmade hus

Gratisvärme finns i alla hus ska tillvaratas maximalt

- Ökade byggkostnader
- Hög energianvändning
- Innomiljö-ohälsorisker
- Utformning - utförande - utbildning
- Kombinerat värme- och vent.-system
- Luftvärme utan återluft
- FTX-ventilation (m/u fuktåtervinning)
- Extremt tjock isolering
- Ökade skaderisker fukt - övertryck inne)
- Stora glasutor
- El eller fjärrvärme?

Figur 7: Passivhus i teorin och verkligheten.

de utbildningsinsatser för byggarna och noggrant utförande om utlovade besparingar ska ha en liten chans att uppnås i verkligheten.

Passivhus utan energibesparingar. I några kommuner har allmännyttans bostadsföretag stoppat byggandet av passivhus. Detta främst på grund av för höga kostnader, uteblivna energibesparingar, ökade risker för fukt- och mögelskador i klimatskärmen, samt på grund av inomhusmiljöproblem och ohälsa.

Gång på gång kommer nya media-uppgifter om nya passivhusprojekt, figur 8. I teorin allt energisnålare medan verkligheten visar helt andra och sämre resultat, Harrysson (2015a,b,c). Uppföljning saknas nästan helt. De undersökningar som gjorts visar entydigt på uteblivna energibesparingar, komfortproblem och

ohälsorisker på grund av förore(n)de ventilationssystem. Boverket, Energimyndigheten med flera känner till problemen men har hittills inte gjort något åt saken.

850 000 kronor mer per småhus och lägenhet. Passivhus är emot 10 å 20 procent dyrare att bygga och materialkrävande. Häpnadsväckande nog har de i bästa fall en energianvändning i nivå med välbyggda serieproducerade småhus. Det vill säga ner mot en total energianvändning, summa energi för byggnadsuppvärmning, varmvatten och hushållsel på 80 kWh/m² år jämfört med passivhusområdet Lindås Park.

Ännu större fördyringar blir det med plusenergihus, För några år sen byggdes "Villa Åkarp" med 850 000 kronor i merkostnader för att spara maximalt

15 000 kWh/år. Som plusenergihus har HFAB byggt ett flerbostadshus i Harplinge, utanför Halmstad, med merkostnader på cirka 1 miljon kronor per lägenhet om 70 m² boarea.

Goda och dåliga lösningar

Sedan oljekrisen 1973 har många försök gjorts att minska energianvändningen i bostäder. I allmänhet är energibesparingarna små eller obefintliga. Ett normalt nybyggt småhus använder genomsnittligen totalt 120 kWh/m² år eller 15000 kWh/år. Med värmepump kan energianvändningen minskas till cirka 10000 kWh/år eller lägre.

Redan på 1980-talet fanns det välbyggda småhus med total energianvändning 90 till 100 kWh/m² år eller cirka 10000 kWh/år, Harrysson (1994). Ett företag som tidigt producerade dylika hus med måttlig isolering, frånluftsventilation, vattenradiatorer samt frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten, var Hjärtevadshus.

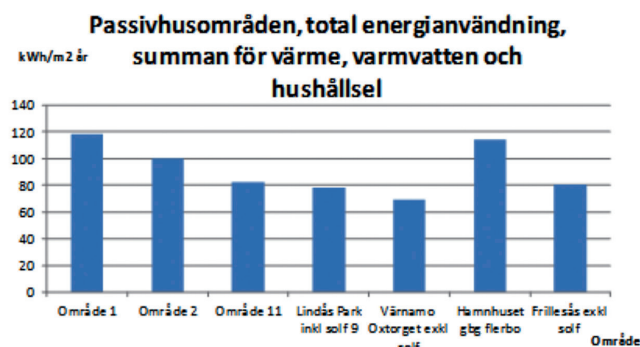
Välbyggda serieproducerade hus är i verkligheten bättre än passivhus. I figur 9 visas energianvändningen i Lindås Park som medelvärde av 20 stycken tvåplans radhus med 120 m² boarea. Lindås Park är det passivhusområde som är bäst dokumenterat och bland dessa har ovanligt låg energianvändning, Boström med flera (2003), Ruud & Lundin (2004). Jämförelser görs med välbyggda serieproducerade hus som har frånluftsvärmepump. Som synes ligger den totala energianvändningen på i stort sett samma nivå, cirka 80 kWh/m² år, varav hushållselen normalt uppgår till 30 å 40 kWh/m² år.

Recept för energieffektiva och komfortabla småhus. Erfarenheter visar på några kriterier för att uppnå energieffektiva och komfortabla småhus:

- Eftersträva bra utförande, Erfarenheter visar att hus med tre gånger mer isolering kan ha samma energianvändning som hus med mindre tjocklek, områdena 12 och 13, Harrysson (2015a, b, c).
- Utförandebrister (byggslarv) vid tilläggsisolering kan medföra halverad energibesparing jämfört med beräkning, Sörensen (1981).
- Passivhus med luftvärme kan ofta behöva elradiatorer för att uppnå tillräcklig komfort, område 1, Harrysson (2015a, b, c).
- Ombyggnad till energisnåla fönster har liten besparing och låg lönsamhet
- Undvik passivhus som har merkostnader på 10 till 20 procent liksom plusenergihus med fördyringar på upp mot en miljon kronor per småhus och lägenhet.
- Ombyggnad från luftvärme med FT-ventilation och värmeåtervinning till elradiatorer och frånluftsventilation utan värmeåtervinning kan ge lägre energianvändning och bättre inomhusmiljö, område 4, Harrysson (2015a, b, c).



Undersökta passivhusområden och litteraturuppgifter



Figur 8: Total energianvändning i den egna undersökningen passivhusområden 1, 2 och 11 jämfört med några litteraturuppgifter, Harrysson (2015a, b, c)

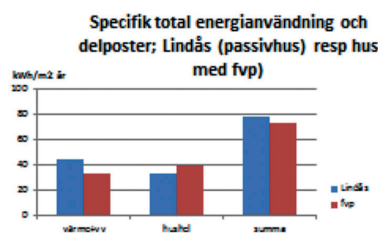


Passivhus inte bättre än serieproducerade hus!

Passivhus (luftvärme, FTX, extrem isolering) eller

Värmepump med radiatorer och frånluftsventilation

Realistiskt energimål: 80 kWh/m² år, varav hushåll 30 - 40



Figur 9: Välbyggda serieproducerade småhus med frånluftsvärmepump bättre än passivhusområdet Lindås Park.

Stora variationer mellan olika hus och tekniska lösningar. Stora variationer i energianvändning och inomhusmiljö föreligger mellan olika hus, Harrysson (1988). Mellan nominellt lika hus kan skillnader i boendevanor betyda upp till 10000 kWh/år eller 70 procent medan skillnader i utförande kan motsvara 5000 kWh/år eller 30 procent. Individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändning i stället för kollektiv kan betyda 20 till 30 procent lägre energianvändning. Sätten att bygga bostäder är många. Några är bättre än andra. Det finns tekniska lösningar med varadera 30 procent lägre produktionskostnad respektive energianvändning samt med bibehållen eller bättre inomhusmiljö till oförändrad kostnad. Skillnaderna beror bland annat på samspelet mellan olika delposter i energibalansen som klimatskärm, värme- och ventilationssystem, värmeåtervinning, styr- och reglersystem samt brukarvanor och utförande. Därför är det ytterst angeläget att studera och rangordna olika tekniska lösningar.

Resultat baserade på enkla mätningar i många hus mer tillförlitliga. Ofta används resultat från enstaka eller få hus. Sådana uppgifter är dock mycket osäkra, vare sig det gäller energianvändning eller inomhusmiljöegenskaper. Uppgifter baserade på enkla mätningar i många hus ger mer tillförlitlig information än detaljerade mätningar i enstaka eller få hus. Analyser och jämförelser baserade på medelvärdet för några tiotal hus är därför avsevärt mer tillförlitliga än värden baserade på detaljerade mätningar i enstaka eller få hus.

Byggbestämmelser. Byggreglerna sedan 2006 avser specifik energianvändning, summan för byggnadsuppvärmning, varmvatten och fastighetsel, men exklusive hushållsel, vilket försvårar en korrekt bedömning av den totala energianvändningen inklusive hushållsel vid uppföljning och jämförelser mellan storheterna. Marknadsföringen avser ibland dessutom enbart delposten "byggnadsuppvärmning" eller "energi till värmesystemet". Passivhus, Plusenergihus, Nollenergihus

med flera är dessutom begrepp som vid olika jämförelser ytterligare ökar förvirringen och möjligheterna att spara energi i realiteten.

Boverkets byggregler, BBR22, är när det gäller energikraven ganska lätta att uppfylla. Effektkraven på 30 till 35 W/m² i zon IV är det däremot betydligt svårare att klara. Med tjock isolering, små fönster på ner mot tio procent av golvytan och eventuellt en liten värmepump för varmvatten alternativt FTX-ventilation är det möjligt att även uppfylla effektkraven.

Energibalansen. Energibalansen definieras som: Tillförd energi är lika med angiven energi plus lagrad energi. För längre tidsperioder som månad kan lagrings termen försummas.

Skärpta värmehushållningskrav har medfört att värmeförlusterna blivit allt mindre genom olika byggnadsdelar. Nya energisnåla småhus har större andel momentana värmeförluster, som inverkar direkt, till exempel genom ventilationsförluster och transmissionsförluster via glasytor. En större andel av energin för byggnadsuppvärmning utgörs av gratisvärme jämfört med vad som tillförs via värmesystemet. Ett energieffektivt och komfortabelt värme- och ventilationssystem i nya småhus kräver därför snabbreglerade system med rumsvis behovstyrd luft- och värmetill-

försel. Värme- och ventilationssystemen ska dessutom vara separerade.

Detta talar mot luftvärme och golvvärme, men för radiatorer och frånluftsventilation. Med tillräckligt bra klimatskärm (isolering och tätningar samt små glasytor) kan energikraven uppfyllas. Dessutom krävs omfattande utbildningsinsatser för byggarna och noggrant utförande om utlovade besparingar ska ha en liten chans att uppnås i verkligheten. Byggbestämmelsernas effektkrav enligt BBR22 är svårare att uppfylla, vilket kan kräva särskilda åtgärder till exempel värmeåtervinning ur ventilationsluften med en liten frånluftsvärmepump för varmvatten, som påverkar både energi- och effektuttaget. Hur mycket beror även på brukarvanorna.

Värmekapaciteten hos byggnad och installationer bör alltså minimeras från energisynpunkt, men kan till viss del motiveras för att minska övertemperaturer och dimensionerande värmeeffektuttag. Värmetröga konstruktioner och värmesystem integrerade i byggnadsstommen, som golvvärme ingjuten i underkant betongplatta eller överhuvudtaget, är däremot från energi- och komfortsynpunkt klart olämpliga i energisnåla småhus. Detta får inte förväxlas med golvvärme som valts av rena komfortskäl och då har liten värmetröghet.

Några aspekter på val av byggnadstekniska och/eller installationstekniska åtgärder. Den totala energianvändningen i ett småhus utgörs av delposterna för:

- byggnadsuppvärmning
- varmvatten
- hushållsel

Överslagsmässigt utgör varje delpost cirka en tredjedel. Har huset värmepump utgör normalt cirka hälften energi för byggnadsuppvärmning och varmvatten



Figur 10: Uteluftsdonens luftspredande egenskaper är viktiga för komforten. Undvik spaltventiler! Foto: Christer Harrysson

samt resterande cirka hälften för hushållsel.

Genom skärpta byggregler har delposterna för byggnadsuppvärmning och varmvatten minskat i nya småhus, åtminstone beräkningsmässigt. Däremot har hushållselen ökat genomsnittligen från cirka 3800 kWh/år 1970 till 6000 kWh/år i mitten av 1990-talet. I flerbostadshus tillkommer fastighetsel.

Beroende på åtgärd, figur 5, kommer en eller två delposter att påverkas vanligen delposterna för byggnadsuppvärmning och/eller varmvatten. Få åtgärder finns som ersätter el för hushållsändamål till exempel solceller. En del åtgärder spar energi under hela året medan andra endast spar under uppvärmningssäsongen. Brukarvanorna påverkar olika åtgärder mer eller mindre. Så enkla, produktionsvänliga och lättskötta lösningar som möjligt ska väljas.

En vanlig frågeställning är om man ska välja ventilationsvärmväxlare eller frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten. Den senare har högre kostnad, men avsevärt större energibesparing. Ventilationsvärmväxlaren spar endast energi under uppvärmningssäsongen medan frånluftsvärmepumpen spar energi även för varmvatten och under hela året. Dessutom medför frånluftsvärmepumpen en större effektbesparing, cirka 1 kW, när den är igång. Värmefaktorn uppgår till minst 3, varför brukarvanornas inverkan minskar liksom spridningen i energianvändning mellan olika hus. Sett för FTX-systemet som helhet reduceras energibesparingen utgående från laboriemätta värden på ventilationsvärmväxlaren med regler- och distributionsförluster, brukarnas beteenden och skötsel av systemen m m.

Med **ökad isolering** spar man energi för byggnadsuppvärmning endast under uppvärmningssäsongen, som i nya småhus utgör cirka halva året. Utgående från livscykelkostnad och ekonomisk synpunkt lönar det sig föga med väggisoleringar över 30 till 35 cm. Vid större isolertjocklekar ökar dessutom risken kraftigt för fukt- och mögelskador. Forskning visar, Mundt-Petersen (2015), att uttorkningen är otillräcklig även för väggar med luftspalt. Byggnadsarean, grunden och taket, ökar alternativt genom att (den uthyrningsbara/ användningsbara) boarean minskar.

Exempel på tänkbara "nya" energilösningar

Som framgår av offentlig statistik och andra utredningar har försöken att spara energi till stora delar misslyckats. Därför är det angeläget att kritiskt granska och

ifrågasätta de energitekniska lösningar som hittills använts och fundera på andra som är mer lönsamma och tillförlitliga. Erfarenheter visar att det är enkla, beprövade och lättskötta lösningar, som då ligger närmast till hands.

Några aktuella frågeställningar och alternativ som kan vara intressanta från byggkostnads- och energisynpunkt är:

- Gäller det småhus eller fritidshus? Nybyggnad eller ombyggnad?
- Traditionell frånluftsventilation eventuellt utbyggd med frånluftsdon i alla utrymmen, elradiatorer och vid behov en liten frånluftsvärmepump för varmvatten. Denna påverkar både effekt- och energibehovet. Även brukarvanorna inverkar.
- Utelufts-vattenvärmepump och vattenradiatorer samt traditionell eventuellt utbyggd frånluftsventilation enligt ovan.
- Luft-luftvärmepump för byggnadsuppvärmning och elradiatorer. Redan idag byggs många (större) fritidshus på nämnda sätt.

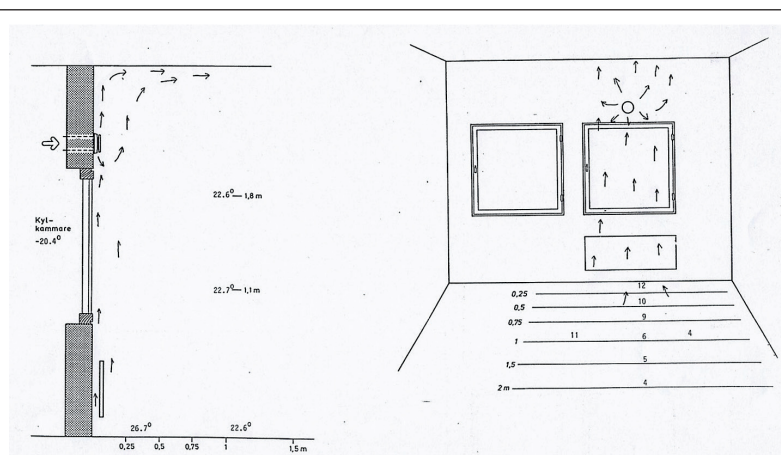
Andra intressanta energisparåtgärder kan vara: solfångare, solceller, ineluft-

sventilerat kryprum eller värmepumpar som bidrar till byggnadsuppvärmning och/eller varmvattenvärmning.

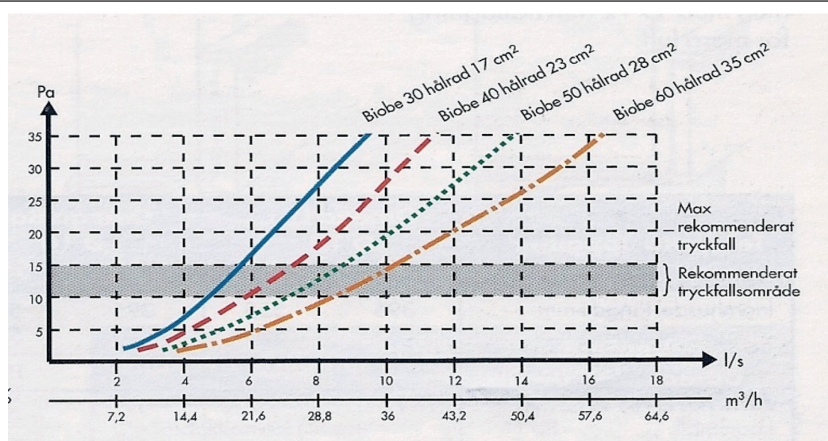
Rumsvis behovstyrd luft- och värmeförsörjning.

Det är intressant utveckla nya lösningar för småhus, särskilt med rumsvis behovstyrd luft- och värmeförsörjning. Till detta ska läggas klimatskärmar som möjliggör viss värmelagring och därmed reduktion av tillåtet effektuttag för uppvärmning. Rumsvis behovstyrd värme- och lufttillförsel har flera fördelar. Konkret kan detta bestå av ett frånluftssystem och återvinning med utelufts-vattenvärmepump, bergvärme- eller luft-/luftvärmepump och elradiatorer. För att klara Boverkets byggreglers (BBR) effektkrav måste troligen klimatskärmen isoleras rejält och kanske även fönstren minimeras. Alternativen torde därför praktiskt sett vara mest intressanta vid ombyggnad och för fritidshus.

Frånluftsventilation intressant med hänsyn till energianvändning och komfort. Ventilationssystem ska dimensione-



Figur 11: Uteluftsdon, Velcoventilen 100, prov 10, öppet 6 mm, uteluftsflöde $25 \text{ m}^3/\text{h}$ med temperaturen $-20,4^\circ\text{C}$, radiatoreffekt 946 W. Uppmätt luft hastighet understiger komfortgränsen $0,15 \text{ m/s}$. Källa: Mellin (1989).



Figur 12: Samband med tryckfall-luftflöde för olika spaltventiler. Observera att man baserar luftflödesdimensioneringen på betydligt högre tryckfall än vad som vanligen förekommer hos småhus, det vill säga 3 till 5 Pa. Källa: Leif Arvidsson AB (2009).

ras för det allmänna kravet 0,35 l/s m² och utrymmesspecifika krav till exempel i kök och wc på 10 l/s. Detta motsvarar cirka 0,5 oms/h. Fuktbelastning, matos, lukter, emissioner med mera är faktorer som bestämmer ventilationsbehovet. En luftväxling på 0,1 oms/h i småhus påverkar energianvändningen med cirka 1000 kWh/år.

Väggventiler (uteluftsdon) ska finnas i torra utrymmen som sovrum och vardagsrum. Luftföring får endast anordnas från rum med högre krav på luftkvalitet till rum med samma eller lägre krav på luftkvalitet, exempelvis från sovrum/vardagsrum till kök/wc/tvätt. För att skapa en bra inomhusmiljö är det även viktigt att uteluften tillförs så dragfritt som möjligt det vill säga att väggventilerna har en gynnsam luftspredningsbild, figurerna 10 och 11. Spaltventiler har för höga tryckfall och för små luftflöden, vilket medför komfortproblem, figur 12.

Det är viktigt från energisynpunkt att inte ventileras mer än nödvändigt, men också för att det inte ska bli för torrt inne vintertid. Frånluftsventilation medför ökat undertryck inne relativt ute. Detta minskar riskerna för fuktkonvektion och tillhörande skador i klimatskärmen, särskilt i husets övre halva. En del av den oavsiktliga ventilationen (infiltrationen, ”genomblåsningen”) fångas upp och sugts ut via frånluftssystemet, vilket i sig spar energi.

Frånluftssystem har korta tilluftskanaler, ”små” distributionsförluster och låga kostnader för kanalrensning. Videventuell återvinning är det viktigt med frånluftskanaler som har små kanalförluster. Värmeåtervinning med värmepump, både för varmvatten och byggnadsuppvärmning är vanligtvis det lönsammaste alternativet. Saknar huset värmeåtervinning, har bergvärmepump eller uteluftsvärmepump, kan ventilationen varieras utifrån det aktuella behovet. Man kan sänka ventilationen i utrymmen som inte används, få jämnare ventilation i huset som helhet och därmed sänka den genomsnittliga ventilationen och på så sätt spara energi.

Utbyggt frånluftssystem. En intressant ventilationslösning med ett utbyggt frånluftssystem med frånluftsdon i flera utrymmen än ”våta”, särskilt i övervåningen, har praktiskt delvis testats bland annat i 17 stycken en och en halvplans småhus ingående i projektet Masonite Lättbygg 85 i Täby. Husen saknar värmeåtervinning och har elradiatorer, Carlson & Blomsterberg (1989), Carlson & Hansson (1991). Vid den genomsnittliga luftväxlingen 0,37 oms/h uppmättes energianvändningens medelvärde till cirka 108 kWh/m² år i stockholmsklimat, vilket är att betrakta som relativt lågt.



Hur bygga bättre och billigare?

Bättre passivhus eller annat

- Rumsvis behovstyrd luft- och värmeförsörjning
- Hög energianvändning: Distributions- och reglerförluster
- Värmepumpar/ Variabel ventilation: effektivare och mindre?
- El eller fjärrvärme
- Elradiatorer i stället för elbatteri och luftvärme
- Utbyggt frånluftsventilation
- Enighet: gott utförande isolering och täthet
- Injustering värme och ventilation
- Solfångare, solceller
- Inne-luftsventilerad kryppgrund

Figur 13: Exempel på tänkbara ”nya” energilösningar.

Slutsatser

Utöver den goda lösningen med frånluftsventilation, radiatorer samt frånluftsvärmepump för byggnadsuppvärmning och varmvatten rekommenderas, figur 13, följande energisparåtgärder för nya småhus:

- Säkerställ att huset blir välbyggt genom lämpligt val av produktionsvänliga lösningar och tillförlitlig kontroll under hela byggprocessen.
- Tillräckligt tät och välisolerad klimatskärm med små glasytor, ner mot tio procent av golvytan.
- Energieffektiv husform med kompakt huskropp till exempel tvåplans radhus. Tvåplanshus är av detta skäl att föredra framför enplanshus, liksom radhus framför friliggande villor.
- Värme- och ventilationssystemen ska vara separata samt luft- och värmeförsörjning ska rumsvis behovstyras. Installationerna utformas så att regler- och distributionsförlusterna minimeras.
- Elradiatorer.
- Frånluftsventilation eventuellt utbyggt med frånluftsdon i varje rum. Väggventiler väljs med gynnsam luftspredningsbild för att motverka drag och kallras.
- Effektkravet enligt BBR22 kan erfordra en liten frånluftsvärmepump för varmvatten, FTX-ventilation eller stomme med viss värmeförmåga.

Ju fler hus vi bygger som passivhus och/eller med golvvärme, större glasytor och extrem isolering, desto mer fjärrar vi oss från Sveriges energimål. Satsa istället på enkla, beprövade och lättskötta lösningar med radiatorer, värmepumpar, frånluftsventilation, måttlig isolering, bra utförande, individuell mätning och debitering av energi- och vattenanvändning etcetera.

Bygg bättre och energieffektivt med fler småhus! Flerbostadshus har 50 procent högre specifik energianvändning än småhus och är 30 procent dyrare att bygga,

Harrysson (2006). Kunskap finns, men används inte i tillräcklig utsträckning! ■

Referenser

- Ahnland, R (1996). *Luftvärme. Är argumenten för luftvärme ett önsketänkande? Praktiken visar på både ohälsa, dåligt inomklimat och höga driftskostnader.* Eget förlag, Västerås.
- Boström, T med flera (2003). *Tvärvetenskaplig analys av lågenergihusen i Lindås Park, Göteborg.* Linköpings universitet, Program Energisystem, Arbetsnotat Nr 25, Februari 2003, Linköping. ISSN 1403-8307.
- Boverket (2003). *Skydda ditt hus mot fuktskador. En kunskapsöversikt vid nybyggnad.* Boverket, Publikationssevice, Karlskrona.
- Boverket (2011). *Regelsamling för byggande, BBR19.* Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.
- Boverket (2014). *Skärpta värmehushållningskrav - redovisning av regeringens uppdrag att se över och skärpa energireglerna i Boverkets byggregler. Rapport 2014:9 Regeringsuppdrag.* Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.
- Boverket (2015). *Regelsamling för byggande, BBR22.* Boverket, Publikationsservice, Karlskrona.
- Cajdert, A (1999). ”Bo92 - ett slag i luften”? Bok om luftvärme får debattör att minnas bostadsmässan i Örebro. VVS-Forum, nr 2 - 1999. Stockholm (Uppsatsen är även publicerad i boken ”Byggande med kunskap och moral”).
- Cajdert, A red (2000). *Byggande med kunskap och moral. En debattskrift om sjuka hus, miljögifter och forskningsetik.* Örebro universitet, nr 1, Örebro. ISBN 91-7668-246-3.
- Carlson, P-O & Blomsterberg, Å (1989). *LÄTTBYGG 85. Energi- och resurssnåla småhus med låg boendekostnad.* Statens råd för byggnadsforskning, Rapport R41:1989, Stockholm.
- Carlson P-O & Hansson, T (1991). *Lättbygg. Långtidsuppföljning 1987-1989 av energibehov, fuktförhållanden och boendesynpunkter, Statens råd för byggnadsforskning, Rapport R42:1991, Stockholm.*