



Bedömning av resurseffektiva byggnader: Faktorer för olika energiformer och energislag

Version 2009

Framtagen inom Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus

Martin Erlandsson

Juni 2009

IVL rapport nr A1657

FORUM FÖR
ENERGIEFFEKTIVA
BYGGNADER

Förord

Styrgruppen för Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus har givit *Forum för Energieffektiva Byggnader* (benämnt FEBY i texten nedan) i uppdrag att tillsammans med branschen ta fram en lämplig kravspecifikation för såväl Passivhus som Minienergihus i Sverige. Förslaget var att man skulle utgå från tyska Passivhuskrav men utveckla dem för svenska förhållanden och också ta intryck av de Passivhusprojekt som genomförts i Sverige.

Föreliggande dokument är framtagen som ett underlag för miljövärdering av energianvändning för de uppdaterade kriteriedokumenterna för Nollenergihus, Passivhus och Minienergihus som har utarbetats av FEBY och publicerats som version 2009. Kravspecifikationerna inklusive underlagsrapporter har varit på en remiss bland nationell expertis 2009.

Sammanfattning

Rapporten utgör en del av avrapporteringen av de uppdaterade kriterier för Passivhus och Minienergi och som genomförts på uppdrag av Energimyndigheten (2008 till 2009) inom programmet för Passivhus och lågenergihus. En viktig del i denna uppdatering var att komma fram till ett sätt att bedöma resurseffektivitet, vilket omfattar att ta hänsyn till att den köpt energin har olika kvalitéer. När olika kvalitéer beaktas görs detta med hänsyn till att den finns i olika energiformer (dvs elektrisk energi, strålningsenergi, värme mm) och att dessa produceras med olika energislag (solenergi, vattenkraft, fossil energi mm).

Ett enkelt koncept för att bedöma kvalitén på olika energislag har tagits fram som bygger på olika energiformsfaktorer. Energiformsfaktorerna används som en multiplikator på den köpta energi såsom denna term definieras i byggnadsnormen (BBR). Kravet på maximal köpt energi beräknas med hjälp av en ekvation med energislagsfaktorerna som är så uppställd så att en oändlig kombination av energimixer kan användas som indata. Detta bidrar till en större valfrihet för val av tekniks system.

Energiformsfaktorn tar hänsyn till kvalitetskillnaden mellan el och värme genom en så kallad el/värme-kvalitetskvot, vilket resulterar i att köpt el får ett högre resursvärde i förhållande till exempelvis fjärrvärme. Utöver det sätt som energiformsfaktorn används i kriterierna för Passivhus och Minienergi version 2009, så föreslås här att en justering görs så att de byggnader som har en egen panna får en mer konkurrensneutral behandling, dvs så att systemet inte missgynnar en egen panna på grund av att omvandlingsförlusterna från bunden energi i detta fallet sker i huset.

Konsekvenserna av föreslagna energiformsfaktorer kan relateras till BBRs krav på köpt energi. En sådan jämförelse med de nu föreslagna kravnivåer som är framtagna för bostadshus visar att kravet för Passivhus för en eluppvärmd byggnad är ca 50% av BBRs krav och 75% av BBRs krav för Minienergihus (för den södra klimatzonen med kravet $55 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$). För fjärrvärmeuppvärmda hus, eller om egen panna med ett biobränsle används, samt med mellan 5 och 10 kWh fastighetsel per $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$, så motsvarar Passivhus ca 50% av BBRs krav och motsvarande värde för Minienergihus är $2/3$ av BBRs krav på $110 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$. I de övriga zonerna är FEBYs krav ännu tuffare jämfört med BBRs krav

Stora bristen med energiformsfaktorn är att ingen möjlighet finns för att ta hänsyn till den specifika energileverantören. Detta är inget problem om klassningens syfte är att bara omfatta byggnadsprestanda, men är en uppenbar nackdel om klassningen utöver byggnadsprestanda även skall omfatta energisystemet och val av en leverantör. Vidare så ges ingen bedömning av icke förnybara resurser och det saknas en tydlig koppling till en analytisk metod. Därför har en skiss på ett alternativ eller komplement till energiformsfaktorn tagits fram och benämns *energislagsfaktorn*. Om inventeringsdata enligt LCA-regler för miljövarudeklarationer för byggprodukter (PCR 2006:02) kompletteras med de energislagsfaktorerna som anges i figur 1 (eller vidareutvecklade faktorer), så finns grunden för en sådan analytisk metodik för energislagsfaktorn.

Föreliggande utgör del av avrapportering till projektet "Översyn av kriteriedokument för Passiv hus och Minienergihus för bostäder". Rapporten är en uppdatering av IVL-rapporten

U2395 som ingick remissen av kriteriedokumenten för Passivhus och Minienergihus version 2009. Uppdateringen avser främst sättet att presentera energifomsfaktorn, där resultatet av remissen gjorde att vi ändrade från en uppställning enligt ekvation 2 till ekvation 1, dvs i praktiken ingen skillnad men med en möjlighet att direkt jämföra med primärenergifaktorer. Notera dock att primär(energifaktorer) egentligen är specifika och beror på vald energileverantörer. Energislagsfaktorn däremot är en bedömning av olika energislags kvalitéer (el, värme sol osv) och är oberoende av vald leverantör. Därutöver är värdena i tabell 2 uppdaterade för de norra klimatzonerna (dvs zon 1 och 2);, vilket är ambitionshöjning i FEBYs slutgiltiga kriteriedokument version 2009. Denna ambitionshöjning är gjord för att mer följa den internationellt tillämpade standarden för passivhus, så som den definieras av Passivhusinstitutet i Tyskland.

1 Introduktion

I rapporten presenteras ett koncept för att för att få fram användbara energieffektiviseringsfaktorer som kan användas för att värdera olika energislags som tillförs byggnaden. Idag används bland annat primärenergi för att i statistik redovisa hur mycket energiresurser som används i olika länder och samhällssektorer. Denna primärenergi räknas utifrån naturvetenskapliga förutsättningar på så sätt att primärenergin in till en process alltid är större eller (i idealfallet) lika med den ingående energin. För bedömningssystem där så kallade primärenergifaktorer används gäller inte alltid detta grundläggande samband utan olika subjektiva korrigeringar har ofta gjorts. I dag finns inga allmänt accepterade viktade primärenergifaktorer och det saknas ofta transparens så att de subjektiva valen som gjorts framgår på ett transparent sätt.

Problemet med att uteslutande använda naturvetenskapligt beräknad primärenergi som en indikator för resurshushållning är att den inte beaktar olika energislags knapphet. Primärenergin är exempelvis ungefär den samma för fossila bränslen som olja och biobränslen, men graden av förnybarheten skiljer väsentligt. För ta hänsyn till knapphet saknas en naturvetenskaplig grund för att göra sådana bedömningar, varför ett sådant system måste innehålla en värdering med avseende på denna aspekt. Olika ansatser finns dock för denna slags resursvärdering där utgångspunkten ofta baseras på ekonomiska antaganden såsom konsumtion, råvarutillgång och ekonomiskt brytbara eller tillgångar.

Kopplat till de definitioner på Passivhus och Minienergihus som tas fram inom Forum för energieffektiva byggnader (FEBY) behövs enkelt användbara energieffektiviseringsfaktorer som utöver ett systemperspektiv (läs primärenergi) även tar hänsyn till knappheten, dvs. främst graden av förnyelsebarhet. Eftersom en ökad användning av förnybara resurser är ett gemensamt prioriterat miljöpolitiskt mål så är befintliga primärenergifaktorer inte användbara som styrinstrument i syfte att uppnå en mer hållbar framtida energianvändning och är därför med rätta ifrågasatta som indikator i miljöanpassat byggande. Istället är målet här att ta fram två fristående koncept för generellt användbara energieffektiviseringsfaktorer som benämns,

- energiformsfaktorer respektive
- energislagsfaktorer

Både koncepten bygger på ett livscykelperspektiv och det som utgör grunden för en analytisk beräkning av energieffektivisering. Koncepten skall därmed ses som ett innovativt förslag för att värdera olika slags köpt energi och ett givet alternativ till primärenergifaktorer, och på så sätt försöka driva utvecklingen framåt för att för en mer hållbar metod för att bedöma resursanvändning. I denna arbetsrapport presenteras förslag på energieffektiviseringsfaktorer som är anpassade så att de är användbara i relation till byggnadsnormens krav på köpt energi. En idéskiss för energislagsfaktorer presenteras (då utvecklingen av detta inte ingick i uppdraget).

Köpt energi är ur ett systemperspektiv inte en ideal indikator och systemgräns för energieffektiviseringar. Eftersom BBR har detta mått för krav på energianvändning och många klassningssystem också använder köpt energi så har vi accepterat detta och har här därför kompletterat med bl.a. energiformsfaktorer för att kompensera för ett bristfälligt systemperspektiv, dvs uppströms och nedströms förhållande. Genom dessa korrigeringar är ambitionen att köpt energi kan användas som indata för energiklassning – förutsatt att dessa korrigeringar görs. De koncept som föreslås här kommer därför i sin enklaste form att vara en

enkel indikator dvs en multiplikator på den köpta energin, men där det skulle kunna tillämpa samma bedömningssystem i en analytisk metod såsom livscykelanalys (LCA). Därför innehåller rapporten en idéskiss på mer utvecklade metoder än de som för närvarande föreslås i kriteriedokumentet och ger därför inspiration till en vidare utveckling.

2 Energiklassnings syfte och relevant omfattning

Energiklassning av en byggnad bör avspegla sådana faktorer som den som klassningen riktar sig till har rådighet över, dvs kan påverka direkt eller indirekt och utgör en integrerad del av byggnadens funktion. Är man en entreprenör så säljer man en byggnad och normalt sett inte driften av den¹. Det är snarare driftsorganisationen av byggnaden som över tiden har möjlighet att bestämma vem som skall leverera energin. Därför är det bara vid en klassning av driften som det är relevant att tala om exempelvis miljömärkt el eller fjärrvärme eller någon annan kontrakterad och ursprungsdeklarerad energivara (dvs. pellets, fjärrvärme, el osv)². Å andra sidan kan man som entreprenör därmed inte helt friskriva sig från olika byggnads- och systemutformningars konsekvenser under driften. Att enbart basera en energiklassning av en byggnad på den fysiska byggnadens egenskaper utan någon som helst koppling till dess brukande och externa energisystem som den är ansluten till är inte heller lämpligt.

För en energiklassning av en byggnad måste man bestämma sig för vad energiklassningen skall omfatta, respektive vem som har möjlighet att påverka ett beslut och därmed byggnadens energiprestanda. Följande två huvudkategorier för energiklassning med tanke på rådighet, dvs. möjlighet att påverka kan tjäna som grund för vad energiklassningen skall omfatta:

- **Byggare:** Entreprenör, beställare eller byggherre, med möjlighet att påverka byggnadsutformning, installationer och därmed möjliga energikällor
- **Brukare:** Fastighetsägare, hyresgäst eller förvaltare, med möjlighet att påverka vem som levererar energivaror och därmed specifika utsläpp etc.

För att energiklassa en byggnad är det också lämpligt att renodla systemgränsen för en byggnad på så sätt att den byggnadsprestanda som omfattas av de mest långlivade delarna, dvs. delar av byggnadsutformningen och installationerna, hanteras skilt från byggnadens externa energisystem. Vi skiljer således på energiklassning utifrån,

- Byggnadsprestanda
- Energisystemprestanda

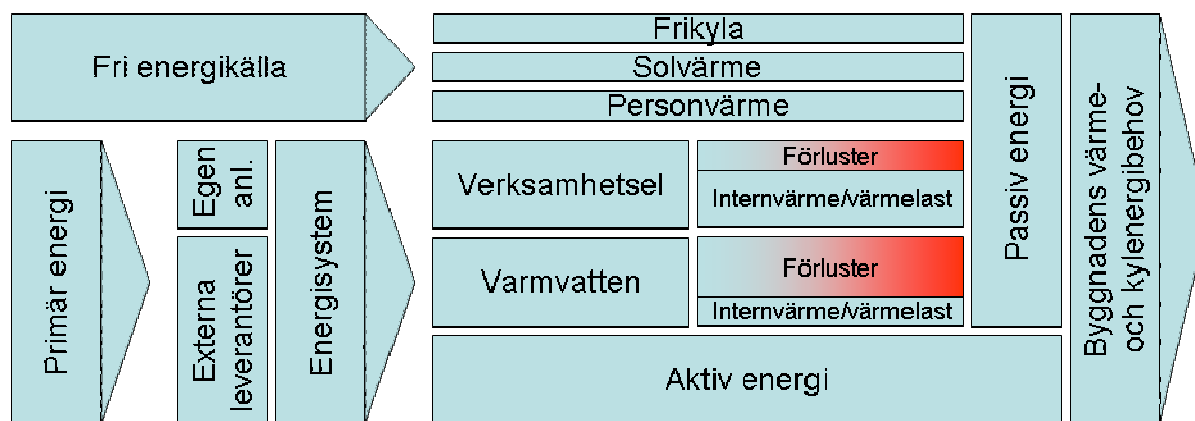
Byggnadens primära och mest basala funktioner kan förenklat sagt utgöras av en god innemiljö och skydd från utemiljön. För att erhålla ändamålsenlig termisk komfort och luftkvalitet så finns olika installationstekniska system såsom uppvärmnings- och ventilationssystem. Utöver dessa basala funktioner skall byggnaden även uppfylla andra självklara saker såsom en god gestaltning och vara beständig. Själva verksamheten i byggnaden kräver driftsenergi för exempelvis varmvattenberedning eller komfortkylla för att hantera övertemperaturer. Sådan verksamhetsrelaterad energianvändning är därför också relevant att införliva i klassningen av en byggnad. Däremot är sådan energianvändning som

¹ Performance contracting är ett exempel på ett sådant undantag.

² Jmf. även med möjligheten att "köpa sig fri" genom att köpa utsläppsrätter.

enbart är orsakad av brukandet av byggnaden och som inte direkt kan kopplas till byggnadsutformningen inte en lika självklar del i en energiklassning, utan är mer kopplad till byggnaden förvaltning (exempelvis processkyla).

Exakt vilken energianvändning som bör ingå i klassningen av en byggnad är dock svårt att ge ett allmängiltigt svar på. Önskar man som byggare ha med verksamhetsrelaterad energianvändning för att få en helhet så krävs att denna energi normaliseras (per kontorsplats, per vård dygn etc.) om jämförbarheten med andra byggnader skall uppnås. Om den verksamhetsrelaterade energianvändningen hanteras med sådana schabloner i projekteringskedet så bör man under brukarskedet beakta den faktiska användningen och försöka minimera denna.



Figur 1 Förenklad bild av energiklassning av en byggnad där energiprestanda dels utgörs av byggnadens värme- och kylbehov, dels bedömning av primär energin i ett resurshushållningsperspektiv. Förluster är endast exemplifierade i form av verksamhetsrelaterad energi och varmvatten för att belysa varifrån den passiva energin härrör (Erlandsson, Lindholm 2009).

Oavsett om energianvändningen i byggnaden är verksamhetsrelaterad eller inte så bidrar den med spillvärme från apparater, som man i en energibalans tillgodoser för att värma upp en byggnad eller hanterar som ett bidrag till övertemperatur. Sådan internvärme samt solinstrålning som bidrar till uppvärmningen kan kallas *passiv värme*, till skillnad från den värme som tillförs byggnadens installationer som vi kan kalla *aktiv värme*. Aktiv och passiv värme täcker byggnadens *uppvärmningsbehov* och är därmed den grundläggande utgångspunkten för energiklassning av en byggnad. På samma sätt som för värme kan vi tala om *aktiv och passiv kyla* eller ett *kylbehov*.

Det är allmänt vedertaget att byggnadens *uppvärmningsbehov* och *kylbehov* bör minskas oberoende av vilka tekniska system som valts. Därefter kommer möjligheter att välja alternativa eller förbättra de tekniska installationer som krävs för att tillgodose byggnadens värme- och kylbehov. I driften är det sedan möjligt att välja den energileverantör som erbjuder det miljömässigt bästa valet. I driften är det även relevant att följa upp den verksamhetsrelaterade faktiska användningen för att vidta åtgärder.

Energieffektiviseringsstrappan³

I ett energieffektiviseringsperspektiv är följande turordning att rekommendera för den som skall bygga, dvs *byggaren* kan:

- 1) Optimera själva byggnadens prestanda
- 2) Optimera byggnaden i ett energisystemperspektiv

Därefter kan *brukaren*:

- 3) Optimera driften av installerade system i byggnaden och påverka/ändra oönskat brukarbeteende
- 4) Välja (om möjligt) den energileverantör som erbjuder den ur miljösynpunkt bästa energivarorna, exempelvis miljömärkt eller ursprungsmärkt energikällor från förnybara och flödande resurser, spillvärme eller avfall.

Kravdefinitionerna för Passivhus och Minienergihus version 2009 riktar sig till **byggaren** och grunden för klassning är således punkt 1) och 2) ovan. En vidareutveckling i kommande kravdefinitioner, där hänsyn även tas till den specifika leverantören, skulle vara en intressant utveckling och en skiss till detta ges under stycket "Energislagsfaktor". En sådan vidareutveckling av kravdefinitionerna ingår inte i nu genomfört uppdrag, men ligger i linje med den policy som Energimyndigheten anser skall användas för att bedöma miljöpåverkan av olika energisystem (Persson 2008).

³ Referens (Erlandsson, Lindholm 2009).

3 Klassningsgränser kopplat till nybyggnadsreglerna

För att på ett någorlunda korrekt sätt kunna koppla resurshushållning av energivaror till BBRs krav på köpt energi så har följande utvecklingsarbete genomförts och beskrivs nedan:

- Omformulering av BBRs krav för energianvändning så att ett oändligt antal energimixer kan hanteras, dvs energikravet blir därmed dynamisk och den maximalt möjliga köpta energin bestäms av den aktuella energimixen.
- Introducera en fysisk beskrivningsmodell – baserad på naturvetenskapliga antaganden – för att bedöma kvalitén mellan olika energiformer och då främst skillnaden mellan värme och el.
- Justera systemgränsen köpt/levererad energi så att en mer konkurrensneutral bedömning erhålls för egna pannor, där omvandlingsförluster enligt BBRs definition på köpt energi ligger innanför systemgränsen ”huset” till skillnad från övriga energivaror som tillförs.

3.1 Omformulering av BBRs krav på köpt energi

Utgångspunkten för att klassa en byggnads energiprestanda görs i BBR baserat på kunskap om den levererade energimixen som tillförs byggnaden för uppvärmning, fastighetsel (FEL) samt varmvattenberedning och kan därmed ställas i direkt relation till BBRs krav på energianvändning. Att utgå ifrån BBR betyder i praktiken att klassningen av olika energislag begränsas av randvillkoret att köpt/levererad energi för exempelvis bostäder i den södra zonen⁴ måste vara mindre än $55 \text{ el kWh per m}^2 A_{\text{temp}}$ för eluppvärmda byggnader och för övriga energislag $110 \text{ kWh per m}^2 A_{\text{temp}}$.

Att utgå ifrån BBRs krav på köpt energi som grund för energiklassning betyder att utgångsläget är att inget uppströms systemperspektiv beaktas. Men detta hindrar inte att energivaror som levererats (ofta benämnt köpt energi) till byggnaden i alla fall kan värderas olika, med exempelvis olika viktningsfaktor. Detta betyder därför att det indirekt delvis är möjligt ta hänsyn till ett systemperspektiv (vilket också delvis görs i BBR) med en generell bedömning av el i förhållande till andra energiformer. För att uppnå en ökad transparens så hanteras här all levererad energi på så sätt att alla delposter i alla fall skall redovisas, även om de sedan värderas som ”gratis” (vilket görs i BBRs för solceller eller –panel). På så sätt erhålls ett redovisningskrav på alla energiposter i en motsvarande energibalans.

Om man skall generalisera BBRs krav så att de kan hantera ett oändligt antal energimixer så måste man ställa upp kravet som en dynamisk ekvation om detta skall bli rationellt. Om BBRs krav formulerats på ett sådant sätt skulle detta resultera i ett mer likformigt sätt och därmed mer rättvist sätt att hantera mixer olika energivaror, och därmed större frihetsgrad vid val av tekniska lösningar som ur ett energiperspektiv då är likvärdiga. Med en sådan omtolkning av BBRs krav så kan normkravet uttryckas på följande sätt för den södra zonen (dvs zon 3):

⁴ Alla exempel i denna rapport gäller för den södra zonen som i nya BBR:2008, med uppdaterade kap 9, (2009) kallades zon 3.

Omformulering av BBRs krav för en valbar energimix och ett dynamiskt krav

$$\sum (2 \cdot E_{el} + 0 \cdot E_{sol} + 1,0 \cdot E_{övrigt}) \leq 110 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 1}$$

där ekv 1 istället kan skrivas om enligt nedan,

$$\sum (1 \cdot E_{el} + 0 \cdot E_{sol} + 0,5 \cdot E_{övrigt}) \leq 55 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 2}$$

där

E_{el} är levererad elenergi

E_{sol} är fastighetsproducerad solenergi (solcell eller solpanel)

$E_{övrigt}$ är övrig levererad energi till byggnaden

Notera att faktorn 2 i ekvation (1) (eller motsvarande faktor i ekvation 2) i BBR skiljer sig åt mellan de olika klimatzonerna på så sätt att de norra zonerna 1 och 2 har en "elrabatt" i BBR, dvs motsvarande faktor är 1,58 och 1,73 för zon 1 respektive 2. Ekvation (1) och (2) är konstruerad så att summer av energianvändningen från de olika energislagen i vänsterledet skall sammantaget in inte var större än den "kravreglerade" levererade/köpta energianvändningen i högerledet⁵. Kravet på maximalt köpt elenergi för en byggnad som uteslutande använder **elektricitet** enligt ekvation (1) är likt BBR $110/2=55 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp}$ eller på samma sätt enligt ekvation (2) $55/1=55 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp}$. På motsvarande sätt gäller att för en (hypotetiskt) byggnad som uteslutande har en användning av **övriga energislag** så ger (ekv. 1) ett krav på $110/1=110 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp}$ alternativt genom (ekv 2) $55/0,5=110 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp}$.

Vi kan ny analysera det dynamiska kravet för en valbar energimix: Vid beräkning av maximalt levererad energi för en byggnad som har en energimix med en elanvändning på $30 \text{ kWh}/\text{m}^2 A_{temp}$ ger ekvation (1) eller (2) att användningen av övrig energi får var max $50 \text{ kWh}/\text{m}^2 A_{temp}$ (dvs $50-30/0,5 = 50 \text{ kWh}/\text{m}^2 A_{temp}$), dvs totalt $80 \text{ kWh}/\text{m}^2 A_{temp}$. Analyseras ekvationen så framkommer att BBR värderar levererad köpt elenergi högre (mer exklusiv) än andra energivaror och att fastighetsproducerad solenergi hanteras som "gratis" energi.

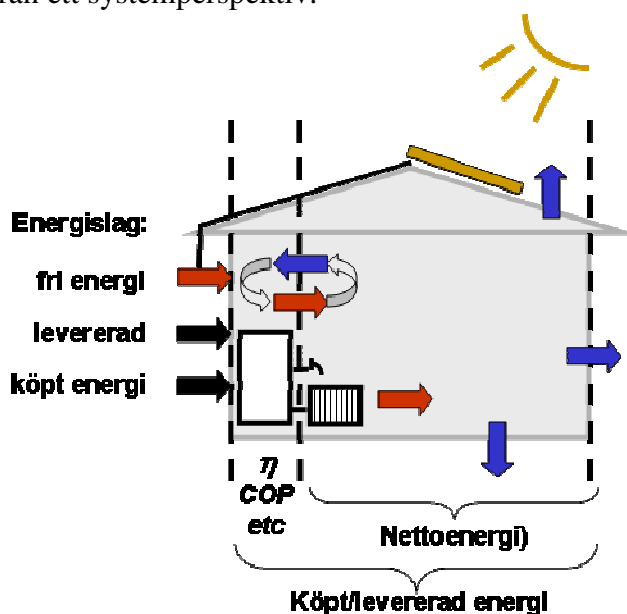
För att undvika sammanblandning med primärenergi, primärenergifaktorer och liknande så ställdes kravet i remissversionen av FEBYs kriterier version 2009 upp enligt ekvation 2, eftersom **FEBYs krav gäller energislaget som byggnadens energisystem använder och inte vilken energileverantör som är valts**. Det visade sig i remissvaren att man önskade en jämförbarhet med primärenergifaktorer varför en uppställning i rapporten enligt ekvation 1 tillämpas fortsättningsvis. Vidare har i denna rapport en särskild hantering gjorts av *egen panna*, vilket innebär en mer korrekt systemgräns, men som togs bort i de slutgiltiga kravspecifikationerna för att förenkla beskrivningen av kraven och att detta förenklade betraktelsesätt följer BBR (se vidare i stycke 3.2 nedan).

⁵ Man skulle kunna uttrycka det så att i ekvation (1) ges den kravreglerade "levererade/köpta energianvändningen i högerledet som "ekvivalenter av övrig energi", medan i ekvation (2) ges högerledet i "ekvivalenter av el".

3.2 Systemgränsen ”huset”

Att använda köpt/levererad energi som systemgräns kan från ett teoretiskt perspektiv kritiseras på många punkter, men där den praktiska fördelen är att det kopplar till ett mått som kan mätas på en elmätare eller ett mått som kan relateras till kostnaden på energifakturan, och på så sätt är relevant och känt av fastighetsägaren. För att få ett teoretiskt och konkurrensneutralt något mer korrekt systemsyn måste åtminstone omvandlingsförlusterna för en egen panna korrigeras om syftet är som här att klassa en byggnads energiprestanda på någorlunda likvärdiga grunder.

Om köpt energi används rakt av kommer avsaknaden av ett systemperspektiv i beräkningen av energiprestanda göra att det exempelvis blir en skillnad mellan om samma mängd pellets används i en egen panna, eller för att producera el eller fjärrvärme (även om systemverkningsgraderna skulle vara de samma). För att justera denna sneddrivna konkurrens, där egen panna missgynnas med BBRs krav, då köpt energi räknas som bränslevärdet på den pellets som används och inte som för fjärrvärme som omfattar energin som levererats från den bundna energin i pelletsen (inte heller framledningsförluster i fjärrvärmenätet osv ingår). Detta betyder att man enkelt kan ta hänsyn till de förluster som en egen panna i fastigheten eller i ett närvärmesystem har och kompensera för dessa, i syfte att erhålla en mer rättvis bedömningsgrund utifrån ett systemperspektiv.



Figur 1 Systemgränser aktuella för energiklassning av byggnader.

Nettovärmebehovet är den värme som tillförs husets värme- och ventilationssystem samt för tappvarmvattnet. Nettovärmebehovet ändras då man genomför energieffektiviserande åtgärder i byggnaden (klimatskärm, ventilation osv.), men inte vid byte av värmeförsörjningssystem och den levererade energins energislag.

Om vi använder Q för att beteckna (netto)värmebehovet kan vi därför förenklat likställa levererad energi för el och fjärrvärme $Q_{\text{behov}} \approx E_{\text{lev}}$. Skillnaden mellan systemverkningsgraderna för elpanna, direktvärme och fjärrvärme är försumbara och ligger i intervallet 0,98-1,0 (Elmroth 2007). Däremot är systemverkningsgraden för en egen bränslebaserad panna inte försumbar utan varierar betydligt mer mellan 0,75-0,90 (Elmroth 2007). Detta betyder att för en fastighetspanna där E_{lev} representerar köpt energi i form av ett

värmevärde till pannan borde man i ekvation (1) och (2) således istället sätta in levererad energi från pannan $Q_{lev\ panna}$ istället för den köpt energi. För att jämföra alla former av levererad energi till byggnaden för en någorlunda rättvis och korrekt jämförelse av energianvändningen bör därför hänsyn tas till omvandlingsförlusterna i en fastighetspanna enligt följande ekvation:

Omräkning av köpt energi till värmebehov

$$E_{köpt\ panna} = Q_{lev\ panna} / \eta \quad \text{eller} \quad Q_{lev\ panna} = E_{köpt\ panna} \cdot \eta \quad \text{kWh/m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 3}$$

där,

- $E_{köpt\ panna}$ levererad energi till byggnaden från en egen panna, dvs systemgränsen är "huset" vilket innebär att bränslets värmevärde motsvarar levererad energi.
- $Q_{lev\ panna}$ värmebehov som tillförs byggnaden från egen panna i byggnaden, dvs leverans från "apparaten".
- η systemverkningsgraden⁶ som tar hänsyn till omvandlingsförluster samt i byggnaden interna förluster såsom framledningsförluster som inte kommer uppvärmningen till godo.

Hänsyn till att omvandlingsförlusterna ligger innanför klimatskalet i en egen panna kan således enkelt hanteras genom att använda levererad värme ($Q_{lev\ panna}$) i kravekvationen. En sådan korrektion görs i kravspecifikationen för Minienergi version 2007 (Erlandsson et al 2007) i syfte att använda nettoenergi som grund för klassning av energianvändning. I versionen 2009 av kravspecifikationerna för Passivhus och Minienergihus för bostäder och utbildningslokaler så är grunden för klassning att utgå ifrån köpt energi. Den korrigering som beskrivs ovan i ekvation (3) skall därför i detta sammanhang ses som ett sätt att erhålla en konsekvent och konkurrensneutral systemgräns, oavsett var omvandlingsförlusterna i de alternativa energisystemen sker⁷.

Notera: I de nu föreliggande förslagen i remissversionen till Passivhus och Minienergi tas ingen hänsyn till den omvandlingsförlust som sker i byggnaden om en egen panna används (på så sätt som beskrivs ovan), dvs systemverkningsgraden är satt till 1 istället för ett systemverkningsgrad som motsvarar bästa teknik som föreslås här för att erhålla en mer konsekvent och konkurrensneutral systemgräns

⁶ Årsmedelsverkningsgraden har inte valts då denna typ av förluster förutsätts hanteras vid energiberäkningarna.

⁷ Notera dock att som tidigare påpekats i dokumentet så beaktas inte detta synsätt i de slutgiltiga kravspecifikationerna, version 2009.

4 Energiformsfaktor

4.1 Olika energiformer

När det gäller el så har denna energiform en högre kvalitet fysikaliskt sett än värme, då den lättare kan omvandlas till nyttigt arbete. I byggnadssammanhang handlar det mycket om – och i synnerhet när vi använder köpt energi som klassningsgrund – om kvalitetsskillnaden mellan el och värme och kan uttryckas som en el/värme-kvalitetskvot⁸. Utgångspunkten är egentligen en vidare egenskap än en el/värme-kvalitetskvot och omfattar även olika bränslen, varför den egentligen handlar om kvaliteten på olika på olika energiformer. Exempel på olika energiformer är, mekanisk energi (rörelseenergi, lägesenergi), elektrisk energi, kärnenergi (kärnkraft), strålningsenergi, kemisk energi (livsmedel, bränslen) och termisk energi (värme).

4.2 Kvalitetsskillnaden mellan el och värme

Kvalitetsskillnaderna hos olika energiformer kan bedömas på olika sätt och där exergi är ett känt exempel i byggnadssammanhang (www.lowex.net). Exempel på olika exergi-kvalitetsfaktorer redovisas nedan och gäller vid en referenstemperatur på 20°C⁹:

- Mekanisk energi, 1,00
- Elektrisk energi, 1,00
- Kärnbränsle, 1,00
- Solstrålningsenergi, 0,95
- Kemisk energi (livsmedel, bränslen), 0,90
- Termisk värme vid 100°C, 0,21
Termisk värme vid 40°C, 0,06
Termisk värme vid 20°C, 0,00

En exergikvalitetsfaktor beror på ett antal randvillkor däribland temperaturen. Om man skulle använda exergikvalitetsfaktorerna för att bestämma kvalitetsskillnaden mellan el och värme så ger detta således en el/värmefaktor på 0,2. Omsätts detta till köpt energi så motsvarar exempelvis 20 kWh el 100 kWh värme. Denna skillnad mellan el och värme står inte i proportion till hur mycket el och värme som kan produceras från ett kraftvärmeverk, varför vi måste hitta en mer verklighetsbaserad utgångspunkt för en el/värme-kvalitetskvot som tar hänsyn till de faktiska produktionstekniska förutsättningar som gäller för att producera el och värme, vilket också därmed styr prissättningen på markanden.

En annan ansats för el/värme-kvalitetskvoten är att vi utgår ifrån alternativa användningar av samma bränsle. Vi får då ett nytt sätt att bedöma olika kvaliteter på energiformer som istället beror på tillgängliga tekniker. Om vi gör en analys av hur mycket energi vi får ut av en enhet energi i form av kemisk värme och ser på de alternativ som finns får vi ett produktionstekniskt orsaks- verkansberoende sätt att bedöma olika energiformer. Om vi nu använder en energienhet i form av ett värmevärde i ett bränsle och använder den för att

⁸ Den 'el/värme-kvalitetskvot' som används här motsvarar det 'el/värmeförhållande', benämnt C, på så som det definieras i "Kraftvärmedirektivet" 2004/8/EG.

⁹ LOWEX Guidebook. LowEx, the international low temperature heating systems research programme (IEA ECBCS Annex 37), Tillgänglig på http://lowex.net/guidebook/additional_information/annex37_guidebook.pdf

producera värme så resulterar det i att vi får ut ca 0,9 enheter energi värme ut. Väljer vi att producera enbart el så kan vi i bästa fall få ut 0,55 enheter energienheter el. Detta skulle ge en el/värme-kvalitetskvot på 0,61. Denna el/värme-kvalitetskvot gäller under förutsättning av separat produktion av värme respektive el. Vidare beror el/värme-kvalitetskvot på vilken typ av bränsle som används.

I EG direktiv (2007/74/EG) om harmoniserade referensvärden för effektivitet vid separat produktion av el och värme kan olika el/värme-kvalitetskvot för el-värmeförhållandet beräknas, exempelvis 0,50 för kol, 0,38 för träbränslen och 0,6 för naturgas. För uppvärmning av byggnader kan man anse att kol är intressant referensfall om dagens marginal avses vilket således ger en el/värme-kvalitetskvot på 0,50 (enligt ovan). En modern kraftvärmebaserad anläggning i Sverige har en el/värme-kvalitetskvot på ca. 0,5. Med tanke på att klassningen speglar dagens teknik kan därför 0,5 anses som en ett vettigt värde på en generellt använd el/värme-kvalitetskvot.

Detta sätt att definiera en generell el/värme-kvalitetskvot gör den i ett klassificeringssystem oberoende av information om det aktuella/specifika uppströms energisystemet som den levererade energin kommer ifrån. Denna utgångspunkt stämmer väl med en generellt tillämpas användning kopplat till den levererade energi, då information om bakomliggande energiproduktionssystem inte ingår i detta begreppet köpt energi. Ser man till den värdering som görs i BBR för el/värme-kvalitetskvoten så kan konstateras att denna varierar mellan 0,5 till 0,7 för de olika klimatzonerna. Det vill säga, det värde som föreslås från FEBY i kravspecifikationerna för Passivhus och Minienergi så tillämpas en kvalitetskillnad på el och värme på 0,5 som kan härledas från en el/värme-kvalitetskvot enligt ovan och motsvarar den värdering som görs i BBR för den södra zonen.

Den här valda el/värme-kvalitetskvot beräknas utifrån maximalt producerad mängd el från ett bränsle i förhållande till produktionen av värme i en modern kraftvärmeanläggning. En praktisk fördel med denna el/värme-kvalitetskvot är att kraftvärmeallokeringen blir den samma oavsett vilken specifik kraftvärmeverk som analyseras. Men om man vill vidareutveckla konceptet för exempelvis bedöma framtida energisystem så kan samma bakomliggande metod användas. På samma sätt är det möjligt att beräkna en specifik el/värme-kvalitetskvot om så önskas. Detta sätt att bestämma el/värme-kvalitetskvot på baseras på ett fysiskt orsaks- verkanssamband (kausalitet) uppfyller därmed det prioriterade metodkravet för allokering som anges i livscykelanalysstandarden ISO 14044¹⁰.

¹⁰ En annan allokeringprincip som följer ISO 14044 allokeringprincip är den så kallade alternativproduktionsmetoden. Skillnaden mot denna metod är att den beror på vad man kan få ut i form av värme eller el från en och samma anläggning, medan el/värme-kvoten som bas för allokering beskriver vad man får ut från energivaran och från olika möjliga alternativa anläggningar med bästa tillgänglig teknik.

4.3 Energiformsindex

Det energiformsindex som eftersträvas här måste utöver en el/värme-kvalitetskvot även ta hänsyn till hur andra energiformer skall värderas. För byggnaders uppvärmning är det främst hänsyn till inköp av bränsle till en egen panna som tillkommer. Detta görs genom att jämföra levererad värme från den egna pannan med levererad (fjärr-)värme genom att tas hänsyn till verkningsgraden för att generera värmen i den byggnadsinstallerade pannan enligt ekvation 3.

För att erhålla indikatorer som leder mot en mer hållbar energianvändning så föreslås här att energiformsindexet utöver de rena energiformsfaktorerna för el, värme och bränsle även tar hänsyn till vilket energislag som tillföra byggnadens och som byggaren har rådighet över. De köpta/levererad energislag som man som byggare och till viss del fastighetsägare faktiskt själv kan påverka är i de fall som har en egen panna installerats eller om man väljer att producera energi på den egna fastigheten.

Om vi generellt sett skulle rangordna olika energislag så är skulle de flesta ställa upp på ordningen i följande lista från inte hållbart till hållbara energikällor (Erlandsson 2007)¹¹:

- Icke förnybara (fossila och kärnenergi)
- Semi-fossila (exempelvis torv och trä från inte hållbart skogsbruk)
- Förnybara (biobränsle)
- Vattenkraft
- Sol och vind

För att ta hänsyn till de energislag som köpt/levererad till byggnaden (där således vattenkraft och kärnenergi inte är aktuella) och som är relativt sett mer uthålliga kan man förenklas säga vi inte bör undvika icke förnybara och semi-fossila energislag, dvs i kravspecifikationerna är fossilt bränsle inte ett valbart alternativ som bränsle till en egen panna. Däremot ingår användningen av förnybara energikällor i energiformsindexet. Energi från sol och vind som installerats på den egna fastigheten räknas som ”gratis” och därmed noll¹² i energiformsindexet. På så sätt erhålls ett energiformsindex – på samma sätt som i de faktorer som utarbetades till första kravspecifikationen för Minienergihus version 2007 (Erlandsson et al 2007) – vilka bygger på bedömning av olika energislag enligt en fysisk baserad orsakan-verkan-samband som har kompletterats med hållbarhetsaspekter. På så sätt har en bedömningsmetod erhållits som kan användas som multiplikator på den köpta energin enligt följande principiella ekvation:

¹¹ Liknade utgångspunkt för värdering av olika energislag användes i ByggaBo:s klassningssystem, se Glaumann m.fl. (2008)

¹² Notera att i kravspecifikationerna för Passivhus och Minienergihus så kombineras kravet på energianvändning med ett effektkrav som gör att man inte kan kompensera en ”dålig byggand” med att bara producera fastighetsgenererad hållbar energi.

Energikravet med hänsyn till energiformsfaktorer

$$\sum (e \cdot E_{\text{köpt}} + e \cdot Q_{\text{lev panna}}) \leq E_{\text{krav}} \quad \text{kWh/m}^2 \quad \text{ekv. 4}$$

där

$E_{\text{köpt}}$ köpt/levererad energi
 E_{krav} energikravet som begränsar den köpta energin
 $Q_{\text{lev panna}}$ levererad energi från egen panna
 e energiformsfaktor [-] som för ett specifikt val av köpt/levererad energi beaktar dess kvalitet och grad av förnybarhet, där energiformsfaktorerna ges i tabell 1.

Notera att energiformsfaktorn motsvarar inversen av 'el/värme-kvalitetskvot' som definieras i "Kraftvärmedirektivet" 2004/8/EG (se stycke 4.2).

Tabell 1 Energiformsfaktorer för olika slags köpt/levererad energi och som indata för ett energiformsindex.

Köpt/levererad energi	Energiformsfaktorer, e ²⁾
Elektricitet	2
Värme	1
Förnybara bränsle ³⁾ (till egen panna)	$1 \cdot Q_{\text{lev panna}}$ $= \cdot E_{\text{köpt panna}} \cdot \eta$ ¹⁾
Vind (lokalt genererad energi)	0
Sol (lokalt genererad energi)	0

1) Systemverkningsgraden, η , för en biobaserad värmepanna sätts här till 0,85 för att beräkna kravet och avspeglas då bästa tillgängliga metod.

2) Alla energiformsfaktorer som ges ovan motsvara de som används i FEBYs kravspecifikationerna version 2009, fränsett förnybara bränsle som tillförs en egen panna, där denna energiform i kravet jämföras med värme.

3) Att begränsa bränslet till förnybart är ett medvetet val som gjorts av FEBY för att gynna sådana bränslen i förhållande till fossila.

Notera att 'förnybara bränslen' inte egentligen är en energiform, men kan användas för att skatta värmen som produceras från den egna pannan med hjälp av information om den energi som finns i den köpta energin. Mer korrekt hade varit att kräva mätning av energin som levereras från den egna pannan vilket skulle resultera i ett teoretiskt mer korrekt sätt att ställa kravet men mer opraktiskt. Om hänsyn tas till systemverkningsgraden för en egen panna så måste ett fördefinierat värde sättas på denna för att inte gynna dåliga installationer, dvs med hänsyn tagen till hur energikravet ställs i ekvation (4). För att gynna effektiva lösningar så föreslås därför att en generell systemverkningsgrad på 85% användas i kravekvationen, vilket motsvarar en systemverkningsgrad för en modern pelletspanna (STEM 2006)¹³. På så

¹³ Energimyndigheten redovisar mätta förbränningsverkningsgrader enligt EN 14785 för några pelletspannor på www.energimyndigheten.se. Projektet har startats upp inom Energimyndighetens program "Småskalig värmeförsörjning".

sätt missgynnas medvetet en installera en panna med låg verkningsgrad. Observera att den generella systemverkningsgrad på 85% bara skall användas för att räkna fram kravet på levererad/köpt förnybar bioenergi. Specifika uppgifter från tillverkare eller erfarenhetsdata skall sedan användas för den enskilda byggnaden för att bedöma dess behov av levererad energi, vilket sannolikt är lägre än 85% för många pannor i dag.

4.4 Resultaterande klassningsgränser för bostäder

För att definiera lämpliga kravnivåer för Passivhus och Minienergihus för bostäder i förhållande till BBR kan man inledningsvis utgå ifrån kraven för eluppvärmda byggnader, dvs 55 kWh/m² i den södra klimatzonen (zon 3). De förslag som nu ges för Passivhus bygger på den utveckling som skett de senaste åren och där energianvändningskravet för Passivhus nu skärps för byggnader som uteslutande använder el. För ett (uteslutande) eluppvärmda Passivhus är det nya energianvändningskravet på köpt energi (värme, fastighetsel och varmvatten) i version 2009 30 kWh/m² dvs lite drygt 50 % av BBRs krav i den södra klimatzonen (zon 3) och för Minienergi är motsvarande krav 40 kWh/m² dvs ca 75 % av BBRs krav.

Dessa nya krav för eluppvärmda bostadsbyggnader är tuffare än de som finns i Passivhus version 2008 och Minienergi version 2007, speciellt för villor. I de tidigare reglerna gavs en lättnad på kravet på 10 kWh/m² för villor (mindre än 200 m²). Denna ”rabatt” har försvunnit och kan visserligen ses som att kraven för villor därmed blir hårdare, men kan till viss del motiveras med att detta är rimligt eftersom villor ofta i praktiken måste ha mer isolering för att klara effektkravet¹⁴. På så sätt är det motiverat att samma krav gäller för såväl villor som för flerbostadshus¹⁵. Helt klart är att de nya energikraven gör det svårt att göra en Passivhuslösning som bara använder el, utan det är satt för att stimulera lösningar utan onödig elanvändning och där andra energiformer används om möjligt.

Motsvarande krav om fjärrvärme eller en egen biobränslebaserad panna används styrs av de av energiformsfaktorerna som tillämpas. De klassningsgränser som enligt detta koncept med en energislagsfaktor föreslås för Passivhus, respektive Minienergihus kan utifrån ovanstående beskrivning beskrivas med följande kravekvationer om energiformsfaktorer enligt tabell 1 tillämpas¹⁶:

med biobränslen 2007-2010”, vilket bland annat kommer analysera system- och årsmedelsverkningsgrader för integrerade bio-sol-system. Tidiga indikationer från detta projekt tyder på att 85% är ett högt värde på systemverkningsgraden för en pelletspanna, men används trots detta här för att räkna fram kravet och är då sannolikt är ett för högt värde att projektera ett värmesystem efter.

¹⁴ Se kapitel ”Modeller för förenklad energiberäkning” i Sandberg, E: Metodrapport - Beräkning och verifiering. Forum för energieffektiva byggnader (FEBY), februari 2009.

¹⁵ Många flerbostadshus är uppvärmda med fjärrvärme till skillnad mot nybyggda villor där elanvändning är vanlig.

¹⁶ Ekvationen kan ställas upp på olika sätt och här är den normerad i förhållande till elanvändningen, dvs kravet är ställt som kWh el-ekvivalenter. På så sätt slipper man hopblandning med viktad energi som baserad på primärenergi eller primärenergifaktorer.

Energianvändning

Följande krav gäller i kravspecifikationerna för bostäder i version 2009 om hänsyn även tas till en mer korrekt hantering/systemgräns för en egen panna.

Södra zonen (III):

Passivhus,

$$\sum (2 \cdot E_{el} + E_{fv} + E_{bp} \cdot \eta + 0 \cdot E_{sol}) \leq 60 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 4}$$

Minienergihus,

$$\sum (2 \cdot E_{el} + E_{fv} + E_{bp} \cdot \eta + 0 \cdot E_{sol}) \leq 80 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 5}$$

Mellanzonen (II):

Passivhus,

$$\sum (2 \cdot E_{el} + E_{fv} + E_{bp} \cdot \eta + 0 \cdot E_{sol}) \leq 64 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 6}$$

Minienergihus,

$$\sum (2 \cdot E_{el} + E_{fv} + E_{bp} \cdot \eta + 0 \cdot E_{sol}) \leq 84 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 7}$$

Norra zonen (I):

Passivhus,

$$\sum (2 \cdot E_{el} + E_{fv} + E_{bp} \cdot \eta + 0 \cdot E_{sol}) \leq 68 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 6}$$

Minienergihus,

$$\sum (2 \cdot E_{el} + E_{fv} + E_{bp} \cdot \eta + 0 \cdot E_{sol}) \leq 88 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 7}$$

Där

E_{el} levererad elenergi

E_{fv} levererad fjärrvärme

E_{bp} levererad energi i form av värmevärdet i ett biobränsle

η systemverkningsgrad för en värmepanna som sätts till 1 i kravspecifikationerna version 2009 (se tidigare noteringar)

E_{sol} levererad solenergi

Förenklat sett kan man för den södra zonen säga att ett fjärrvärmeuppvärmt hus (eller om en biobränslebaserad panna används) så innebär Passivhuskravet ca $\frac{1}{2}$ av BBRs krav och motsvarande relation för Minienergihus är $\frac{2}{3}$ av normkravet. I de övriga zonerna är FEBYs krav ännu tuffare jämfört med BBRs krav. Exempel på tillämpning av ovanstående ekvation som resulterar i direkt jämförbara kravnivåer på köpt energi i förhållande till BBR för både den norra och södra zonen återfinns i tabell 2 nedan.

Tabell 2 Exempel köpt energi som uppfyller kraven i ekvation 4-7 för leverans av olika energimixer och energiformsfaktorer enligt tabell 1 används och ingen hänsyn tas för omvandlingsförluster vid egen bibränslepanna (dvs systemverkningsgraden är 1, på så sätt som ekv. 4-7 är uppställda i kriteriedokumenterna version 2009).

Klimatzon, enl BBR	Energimix	100% el	Fjärrvärme/biobränsle ²⁾ och fastighetsel (FEL)	
3	Passivhus, södra zonen¹⁾	30 kWh el	5 kWh FEL och 50 kWh fjärrvärme Σ Köpt = 55 kWh ³⁾	10 kWh el och 40 kWh fjärrv. Σ Köpt = 50 kWh ⁴⁾
	Minienergihus, södra zonen	40 kWh el	5 kWh el och 70 kWh fjärrv. Σ Köpt = 75 kWh	10 kWh el och 60 kWh fjärrv. Σ Köpt = 70 kWh
2	Passivhus, mellanzonen²⁾	32 kWh el	5 kWh FEL och 54 kWh fjärrvärme ²⁾ Σ Köpt = 59 kWh	10 kWh el och 44 kWh fjärrv. Σ Köpt = 54 kWh
	Minienergihus, mellanzonen	42 kWh el	5 kWh el och 74 kWh fjärrv. Σ Köpt = 79 kWh	10 kWh el och 64 kWh fjärrv. Σ Köpt = 74 kWh
1	Passivhus, norra zonen²⁾	34 kWh el	5 kWh FEL och 58 kWh fjärrvärme ²⁾ Σ Köpt = 63 kWh	10 kWh el och 48 kWh fjärrv. Σ Köpt = 58 kWh
	Minienergihus, norra zonen	44 kWh el	5 kWh el och 78 kWh fjärrv. Σ Köpt = 83 kWh	10 kWh el och 68 kWh fjärrv. Σ Köpt = 78 kWh

1) Södra zonen motsvarar BBRs zon 3 och norra zonen BBRs zon 1 och 2.

2) Eller köpt pellets till en egen panna med motsvarande effektivt räknat värmevärde.

3) Dvs kontrollberäkning enligt kravekvation (4) ger: $(5 \cdot 2 + 50) = 10 + 50 \leq 60 \text{ kWh/m}^2$, dvs mixen uppfyller kravet för Passivhus ekv (4).

4) Dvs beräkning enligt kravekvation (4) ger: $(10 \cdot 2 + 40) = 20 + 40 \leq 60 \text{ kWh/m}^2$, dvs mixen uppfyller kravet för Passivhus ekv. (4).

Generellt formulerad kravekvation för valbart klassningssystembaserat på ett energiformsindex

Den föreslagna ekvationen som är generellt användbar i FEBY och kan således skrivas:

$$\sum (e_{el} \cdot E_{el} + e_{fv} \cdot E_{fv} + e_{bp} \cdot E_{bp} \cdot \eta + e_{s,v} \cdot E_{sol, vind}) \leq E_{krav} \quad \text{kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 8}$$

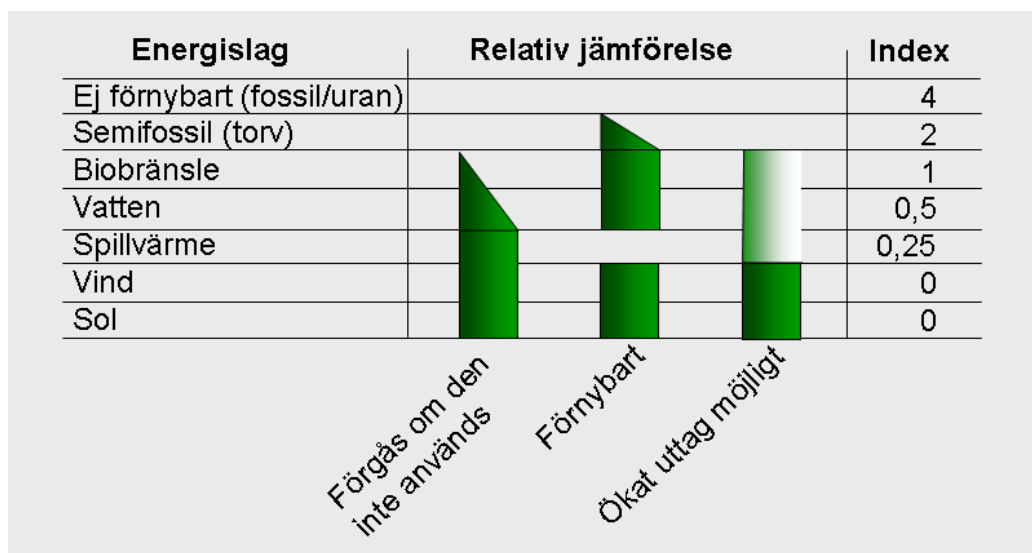
och där BBR-randvillkoret innebär att E_{krav} , måste vara lägre än det som ges av kraven i BBR dvs summa köpt/levererad energi måste exempelvis i den södra zonen vara lägre än $110 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp}$ oavsett vilka energiformsfaktorer som används i ett enskilt klassningssystem¹⁷, dvs:

$$\sum (e_{el} \cdot E_{el} + e_{fv} \cdot E_{fv} + e_{bp} \cdot E_{bp} \cdot \eta + e_{s,v} \cdot E_{sol, vind}) \leq 110 \text{ kWh}_{lev}/\text{m}^2 A_{temp} \quad \text{ekv. 9}$$

¹⁷ Dvs om man skall säga att det är bättre än ett normhus och man vill förhålla sig till BBRs begrepp köpt/levererad energi. I kriteriedokumentet för utbildningslokaler har den delen av tillkommande elanvändning för ventilation som kan anses verksamhetsberoende utöver grundflödena hanterats på så sätt att det ökar accepterade kravnivåer i ekvation (9), varför ingen energiformsfaktor skall läggas på denna delpost.

5 Energislagsfaktor

Ett alternativ eller komplement till energiformsfaktorer är att använda en analytisk metod. En sådan analytisk metod skulle innebära att det är möjligt att ta hänsyn till specifika data för respektive energileverantör. Förenklat sett skulle inventeringen i metoden baseras på beräkning av användning av primära energiresurser utifrån vetenskapen om vilka mängder som köps/levereras årligen till den aktuella byggnaden. För att en sådan metod skall vara ett bra index för ekologiskt hållbar resursanvändning måste hänsyn tas till att olika energislag är olika knappa. Detta betyder också att alla energislag måste hanteras och tilldelas en så kallad energislagsfaktor, eftersom, i ett systemperspektiv så kommer i princip de flesta energislag vara aktuella för bedömning av anslutet energisystem till alla byggnader. Ett förslag på sådana energislagsfaktorer redovisas i figur 1 och används som multiplikator på respektive inventeringsresultatet av användningen av primära energiresurser. Energislagsfaktorerna ges som ett index ställt i relation till biobränsle.



Figur 1 Energislagsfaktorer och bakomliggande faktorer för de normativt satta faktorerna.

Energislagsfaktorerna som redovisas i figur 1 tar hänsyn till olika energislagens knapphet utifrån tre aspekter, dvs

- 1) Förgås energislaget om man den inte utvinns direkt (eller lagras det)?
- 2) Är energislaget förnybart?
- 3) Är det möjligt att öka uttaget (i förhållande till hållbar potentialen)?

Spillvärme är egentligen inte ett energislag, men skulle kunna hanteras som ett sådant analogt med praxis i standarderna inom ISO 13600-familjen. Ett annat (mer analytiskt stringent och korrekt) alternativ att hantera spillvärme är att betrakta det som vilket processflöde som helts, och där dess miljöpåverkan och resursanvändning bestäms av den allokeringssprincip som tillämpas. Skall metoden följa de krav som gäller för livscykelanalyser (LCA), ISO 14044 och LCA-baserade miljövarudeklarationer, ISO 14025, så skall av miljöbelastningen och resursanvändningen från en process allokeras på de produkter som levereras med hjälp av i första hand ett fysisk orsaks- verkanssamband. Notera att man därmed enligt ISO 14044 *inte*

kan använda två olika allokeringsprinciper (orsaks- verkanssamband) för en och samma process i samma analys.

Utöver val av allokeringsprincip så måste man i utvecklingen av metoden, som vi kallar energislagsfaktorn, definiera en systemgräns gentemot naturen. Dessa två faktorer tillsammans med det numeriska värdet på energislagsfaktorn (se knapphetsindexet i figur 1) är de aspekter som till största delen styr resultatet av den metod för bedömning av energiresurshushållning som beskrivits ovan. I princip finns denna metod som beskrivs här redan beskriven som olika byggklassar, dvs till stora delar med avseende på inventeringsmetodik i det regeldokument som finns för hur byggprodukter miljöpåverkan skall beräknas enligt de så kallade produktsspecifika reglerna PCR 2006:02 (Erlandsson et al 2008). Denna PCR följer metodik enligt standarderna för LCA/ISO14040, -44, Miljövarudeklarationer/ISO 14025 och Miljövarudeklarationer för byggprodukter/ISO 21930. Om inventeringsdata kompletteras enligt PCR 2006:02 kompletteras med de energislagsfaktorer som anges i figur 1 (eller vidareutvecklade faktorer), så finns grunden för en metodik för energislagsfaktorn.

För att förenkla användningen av en analytisk beräknad energislagsfaktor så kan man analogt med primärenergifaktorer (PEF) räkna fram färdiga faktorer som tar hänsyn till ett systemperspektiv och som därför används direkt som en multiplikator på den köpta energin. En intressant frågeställning som ofta inte beaktas i energiklassningssystem är varför man inte tar hänsyn till framtida utveckling utan begränsar analysen genom att klassningen utgår ifrån dagens energisystems prestanda. Speciellt intressant och relevant är detta för långlivade produkter som en byggnad! Den metodik för energislagsfaktorn som beskriv här skulle kunna kompletteras med framtidsscenario och därmed ge en bättre grund för energieffektiveringsåtgärder, som inte bara speglar dagens energisystem utan prestanda på det systemen som kommer att finnas under hela den tekniska livslängden hos byggnaden och dess installationer.

6 Diskussion

Att utgå ifrån köpt energi och BBR ger ett givet spann som kravnivåerna kan hamna inom. Det betyder också i praktiken att kravnivåerna kan användas fristående från effektkravet, dvs energikravet behöver inte användas i kombination med något annat krav för att ge rimliga prestandanivåer för klassning av olika tekniska lösningar¹⁸. En annan uppenbar fördel med att utgå ifrån BBR är att de krav som tas fram här kan ställas i direkt relation de metoder och beräkningar som i alla fall måste göras för att verifiera byggnadens energiprestanda enligt gällande normkrav.

Med de generella energiformsfaktorer som tagits fram här så krävs inte någon kännedom om det specifika energisystem som byggnaden är ansluten till, vilket gör systemet med energiformsfaktorer lätt att använda och robust över tiden. Systemgränsen köpt energi stämmer ganska väl med vilka investeringsbeslut en byggherre och byggherrens normalt sett kan påverka, vilket gör att det bör vara lätt för denna användargrupp att till sig detta koncept.

Då syftet med nu framtagna kravspecifikationer för Passivhus och Minienergihus är en klassning av **byggnaden** så ingår inte aspekter som är relevant om klassningen riktar sig till förvaltaren och **brukandet** av byggnaden, såsom val av specifik energileverantör. Att den metodik för energiklassning med energiformsfaktorer som tagits fram här kompletterar BBR prestandanivåer bör göra klassningsförslagen attraktiva för dem som söker bättre prestanda i exempelvis markanvisningar eller i olika miljöprogram.

Jämförs med andra klassningssystem som exempelvis ByggaBo (Glaumann et al 2008) så är detta system idag anpassade för befintlig bebyggelse och utgår därför ifrån en statistisk fördelning av beståndets energiprestanda där klass A utgörs av 10% bästa, klass B 25% och klass C 50%. Med andra ord; ByggaBo:s krav för energianvändning är ingen utmaning och drivande för nybyggnad. Ett framtida förslag för utveckling av ByggaBo:s klassningssystem men tillämpning mot nybyggnad är därför istället följande förslag; Passivhus utgör klass A, Minienergihus klass B och BBRs nybyggnadskrav klass C.

En jämförelse av de föreslagna kravnivåer som är framtagna för bostadshus visar att kravet för Passivhus för en eluppvärmd byggnad är ca 50% av BBRs krav och 75% av BBRs krav för Minienergihus (för den södra klimatzonen med kravet $55 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$). För fjärrvärmeuppvärmda hus, eller om egen panna med ett biobränsle används, och med mellan 5 och 10 kWh fastighetsel per $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$, så motsvarar Passivhus ca 50% av BBRs krav och motsvarande värde för Minienergihus $2/3$ av BBRs krav på $110 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$. I en jämförelse med exempelvis Green Building ger att samtliga dessa klasser har en betydligt högre energibesparing i förhållande till de 25% förbättring av som tillämpas enligt detta system.

¹⁸ Hade exempelvis exergikvalitetsfaktorer används så hade detta resulterat i ”värderade” uppgifter på köpt energi för exempelvis fjärrvärme skulle ligga över 110 kWh/m^2 för den södra zonen, om samma kravnivåer som anges tabell 2 för el används som utgångspunkt.

I det förslag som utarbetades för Minienergihus version 2007 där primärenergifaktorer användes resulterade i att energikravet oftast inte var styrande för fjärrvärme eller pellets, utan effektkravet satte gränsen eftersom båda kraven skall uppfyllas samtidigt.

Stora bristen med energiformsfaktorn är att ingen möjlighet finns för att ta hänsyn till den specifika energileverantören. Detta är inget problem om klassningens syfte är att bara omfatta byggnadsprestanda, men är en uppenbar nackdel om klassningen utöver byggnadsprestanda även skall omfatta energisystemet och val av en leverantör. Vidare så ges ingen bedömning av icke förnybara resurser och det saknas en tydlig koppling till en analytisk metod. Därför har en skiss på ett alternativ eller komplement till energiformsfaktorn tagits fram och benämns *energislagsfaktorn*. Om inventeringsdata enligt LCA-regler för miljövarudeklarationer för byggprodukter (PCR 2006:02) kompletteras med de energislagsfaktorer som anges i figur 1 (eller vidareutvecklade faktorer), så finns grunden för en sådan analytisk metodik för energislagsfaktorn.

För att förenkla användningen av beräknade energislagsfaktorer enligt LCA-metodik, så kan färdiguträknade faktorer användas som tar hänsyn till ett systemperspektiv, och som därför kan används direkt som en multiplikator på den köpta energin. En sådan utveckling skulle göra det möjligt att inte bara ta hänsyn till miljöprestanda från en specifik leverantör utan att även ta hänsyn till framtida prestanda med hjälp av scenarion för framtida energisystem. Genom att energislagsfaktorn bygger på en analytisk metodik i grunden så kan både enkla färdiguträknade faktorer användas samtidigt som mer specifika och detaljerade analyser och bedömningar är möjliga.

7 Referenser

- Elmroth A (2007): Energihushållning och värmeisolering. En handbok i anslutning till Boverkets byggregler. Byggvägledning 8, Häftad. Svensk Byggtjänst, ISBN: 9173332216 / 91-7333-221-6, EAN: 9789173332217, juni 2007.
- Erlandsson M, Lindfors L-G, Ryding S-O (2006): Product-Category Rules (PCR) for preparing an environmental product declarations (EPD) for Building products. PCR No 2006:02 Version 1.0. The Swedish Environmental Management Council 2006-02-22
Also available as: IVL report B 1617.
- Erlandsson M (2007). Miljöprestanda, ett resultat av att se till helheten. Dokumentation av föredrag vid seminarium den 13 mars 2007: Energieffektiva byggnader. Nya marknader, nya affärsmöjligheter., Svenska Mässan i Göteborg.
- Erlandsson, M., Sandberg, E., Wall, M., Ruud, S., Whalström, Å. (2007): Definitioner av energieffektiva bostäder — Minienergihus. Standarddokument, Forum för Energieffektiva byggnader (FEBY) Mars 2007.
- Erlandsson M, Lindholm T (2009): Klassningssystem för fastigheter och dess inverkan på fjärrvärme. IVL Svenska Miljöinstitutet och Installationsteknik, Chalmers. Del av rapporten ” Energieffektiv bebyggelse och fjärrvärme i framtiden”, Nyström I m.fl, Programmet Fjärrsyn, Svensk Fjärrvärme, 2009 (under tryckning).
- Glaumann, M., Malmqvist, T., Svenfelt, Å., Carlson, P.-O., Erlandsson, M., Andersson, J., Wintzell, H., Finnveden, G., Lindholm L., Malmström, T.-G (2008); Bygga-bo-dialogen, Miljöklassning av byggnader (Environmental classification of buildings. The National Board of Housing, Building and Planning – Boverket, ISBN: 978-91-85751-xx-x.
- Persson T (2008): Koldioxidvärdering av energianvändning. Vad kan vi göra för klimatet? Underlagsrapport Statens Energimyndighet 2008.
- STEM (2008): Värme i villan. Reviderad utgåva 2006, Energimyndigheten, Västerås 2007.
- Svein R, Lundin L (2004): Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem – resultat från två års mätningar. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP rapport 2004:31, Borås, 2004.



Ytterligare rapporter från Forum för energieffektiva byggande finns på
<http://www.energieffektivabyggnader.se/>