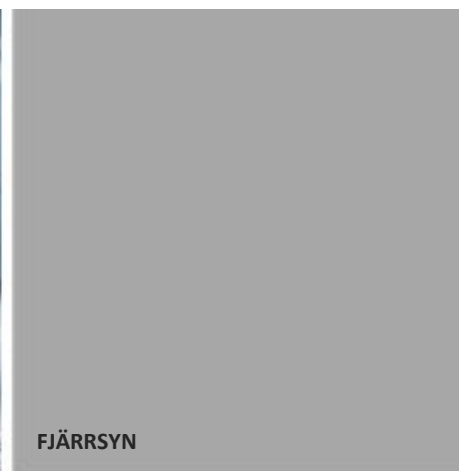


NÄRA-NOLL-ENERGI-BYGGNADERS ENERGIANVÄNDNING

Delrapport 2 inom projektet "Regelstyrd energi- och miljövärdering av byggnader"
2017



NÄRA NOLL-ENERGI-BYGGNADERS ENERGIANVÄNDNING

Analys av solel, energieffektivisering och val av uppvärmningsform genom simuleringar av byggnader och energisystem

RICHARD THYGESEN
OLA ERIKSSON
MATTIAS GUSTAFSSON
BJÖRN KARLSSON

| © 2015 ENERGIFORSK

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Sammanfattning

I EU-direktivet om byggnaders energiprestanda anges att det är upp till de enskilda medlemsstaterna att definiera och införa begreppet nära-noll-energi-byggnader (NNEB). Mot bakgrund av bl.a. det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda har Boverket utarbetat skärpta energihushållningskrav som gäller fullt ut från 1 januari 2013 (BBR 2012). Dessa bestämmer hur mycket energi som maximalt får användas för uppvärmning, komfortkyla, tapp-varmvatten samt fastighetsenergi. Icke eluppvärmda byggnader får ha en faktor 1,6 gånger högre specifik energianvändning än eluppvärmda byggnader, vilket resulterar i att en byggnad med värmepump kan uppföras betydligt mindre energieffektiv än en byggnad som värms med fjärrvärme. Solenergi och den värme som en värmepump tar från omgivningen och som används direkt i byggnaden räknas som energieffektivisering. I Boverkets förslag till föreskrifter finns ingen beskrivning hur solek skall hanteras. Detta ger upphov till problem i byggnaders projekteringsfas.

I denna rapport har fokus legat på att genom simuleringar av energianvändning i byggnader illustrera problemen med definitionen av nära-noll-energi-byggnader. Följande konsekvensanalyser har genomförts:

1. Belysa problemet med solcellssystemets påverkan på byggnadens specifika energianvändning för byggnader med olika uppvärmningssystem (bergvärmepump och fjärrvärme)
2. Belysa hur BBR och NNEB definitionen påverkar renoveringar med avseende på specifik energianvändning och värdera vilka åtgärder som är mest lönsamma för fastighetsägaren.
3. Belysa hur kraven i NNEB definitionen påverkar valt uppvärmningssystem i nya byggnader inom fjärrvärmeområden.

Slutsatserna utifrån simuleringarna är följande:

Boverkets föreslagna nära nollenergibyggnadsdefinition förstärker möjligheten att bygga systemkombinationer med bergvärmepump och solenergisystem som ger byggnader med lågt primärenergital. En fjärrvärmeuppvärmd byggnads primärenergital påverkas marginellt av installationen av ett solenergisystem. Redan relativt små solenergistorlekar ger huvuddelen av minskningen av primärenergitalet för alla systemkombinationer.

I Boverkets föreskriftsförslag finns inga skallkrav gällande renovering så dessa blir ej styrande när det gäller renoveringar.

NNEB definitionen eller föreskriftsförslaget för kapitel 9 i Boverkets byggregler möjliggör att nya byggnader får väldigt låga primärenergital om de utrustas med bergvärmepump. Om denna systemutformning införs i byggnader inom fjärrvärmeområdet så riskerar det att leda till en ökning av globala koldioxidutsläpp om inte elen har relativt låga utsläppsvärden som t.ex. Nordisk mix.

Summary

The EU Directive on Energy Performance of Buildings states that it is up to the individual Member States to define and implement the concept of nearly zero-energy buildings (NZEB). Given the revised Directive on Energy Performance of Buildings, the National Board of Housing, Building and Planning (Boverket) has developed more stringent energy requirements active from January 1st, 2013 (BBR 2012). These requirements determine the maximum levels of energy which may be used for heating, comfort cooling, hot tap water and building electricity. Non electrically heated buildings may have a factor 1.6 times higher specific energy usage than electrically heated buildings, resulting in a building with heat pump can be erected significantly less energy efficient than a building heated by district heating. Solar energy (power or heat) and the heat that a heat pump takes from the surroundings used directly in the building count as energy efficiency. In the Board's proposed regulations there is no description of how solar electricity will be handled. This gives rise to problems in building planning phase.

In this report, focus has been set on using simulations of energy consumption in buildings to illustrate the problem of the definition of nearly zero-energy buildings. The following impact assessments have been carried out:

1. Highlight the problem of how the HVAC system affect the specific energy use of buildings using different heating systems (geothermal heat pump and district heating)
2. Highlight how the BBR and NNEB definitions affects renovations in terms of specific energy use and evaluate the measures that are most profitable for the property owner.
3. Highlight how the requirements of the NNEB definition affects the chosen heating systems in new buildings within the district heating area.

The findings based on the simulations are as follows:

The National Board of Housing, Building and Planning 's proposed near-zero energy building definition enhances the ability to build systems combinations with geothermal heat pump and solar systems that provide buildings with low primary energy numbers. The primary energy number for a building heated by district heating is affected marginally by the installation of a solar energy system. Even relatively small solar system sizes provide the bulk of the reduction of primary energy number for all system combinations.

In the Board's regulatory proposals there are no mandatory requirements regarding renovation, thus they are not ruling regarding renovations.

The NNEB definition or regulation proposal for Chapter 9 of the Building Regulations makes it possible for new buildings to receive very low primary energy numbers if equipped with geothermal heat pump. If the system design is introduced in buildings within the district heating area, it may lead to an increase in global carbon dioxide emissions unless the CO₂ emissions from electricity are moderate as for Nordic mix.

Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Bakgrund	7
1.1.1	Nära-noll-energi-byggnader	7
1.1.2	Boverkets förslag till nära-nollenergibyggnadsdefinition	8
1.1.3	Solenergi och dess användning i byggnader	9
1.1.4	Metoder för värdering av energiresurser	10
1.2	Problem	12
1.3	Syfte och mål	13
2	Metodik	15
2.1	Byggnadssimuleringar	15
2.2	Energisystemsmodeller	17
2.3	Granskning och analys	18
3	Resultat	21
3.1	Byggnads- och energisystemsmodeller	21
3.1.1	Påverkan på solen i byggnader med olika uppvärmningsform	21
3.1.2	Val av uppvärmningsform inom fjärrvärmeområdet	24
3.1.3	En byggnads specifika energianvändning vid renovering	26
3.1.4	Analys av hur val av uppvärmningsform påverkar koldioxidutsläpp	26
3.2	Miljövärderingsmetoder för byggnader	30
3.2.1	LEED 2009	32
3.2.2	Breeam SE	35
3.2.3	Miljöbyggnad	39
3.2.4	Green Building	43
3.3	Kritisk granskning av policydokument	44
3.3.1	Energy Performance of Buildings Directive – EPBD	44
3.3.2	Renewable Energy Sources Directive – RESD	45
3.3.3	Energy Efficiency Directive - EED	47
3.3.4	Beräkning av primärenergifaktor för europeisk el	48
3.3.5	Alternativ beräkning av primärenergifaktor för europeisk el	52
3.3.6	Boverkets förslag till föreskrifter om nära-noll-energi-byggnader	54
4	Diskussion	56
4.1	Byggnads- och energisystemsmodeller	56
4.2	Analys av miljöcertifieringssystem för byggnader	57
4.2.1	Kritisk granskning av energiresursvärdering i miljöbyggnad	59
4.3	Från EU-direktiv till miljöbyggnad	60
4.4	Värdering av energianvändning	62
4.4.1	Tidsperspektiv - bokföring eller marginal	62
4.4.2	Systemgränsen byggnad - energisystem	63
4.4.3	Syntes och illustrativa exempel	65

	4.4.4	Betydelsen av köpt energi	69
	4.5	Fortsatt arbete	70
5		Slutsatser	72
	5.1	Energipolicy	72
	5.2	Tidsperspektiv och val av data	73
	5.3	Systemgränser	73
	5.4	Metodik för värdering av energiresursanvändning	73
	5.5	Energieffektivisering i praktiken	74

1 Introduktion

Här ges en kort bakgrund till och förklaring av nära-noll-energi-byggnader och Boverkets förslag till föreskrifter för sådana. Vidare introduceras egenproduktion av solen i byggnader samt olika metoder för att värdera energiresurser. Dessa tre komponenter bildar den triangel som projektet cirkulerar kring.

1.1 BAKGRUND

1.1.1 Nära-noll-energi-byggnader

År 2002 införde EU direktivet om byggnaders energiprestanda och reviderade det 2010¹. Direktivet infördes delvis som ett sätt att minska energianvändningen i den växande byggsektorn. Denna sektor står för nästan 40 % av den totala energianvändningen i EU-27 varav energi till uppvärmning och tappvarmvatten svarar för ca 27%². EU fastslår att medlemsstaterna skall se till att a) alla nya byggnader senast den 31 december 2020 är nära-noll-energi-byggnader, och b) nya byggnader som används och ägs av offentliga myndigheter är nära-noll-energi-byggnader efter den 31 december 2018. Medlemsstaterna ska upprätta nationella planer för att öka antalet nära-nollenergibyggnader. Dessa nationella planer får innehålla differentierade mål beroende på byggnadskategori. Medlemsstatens närmare praktiska tillämpning av definitionen av nära-nollenergibyggnader, som avspeglar nationella, regionala eller lokala förhållanden och där en numerisk indikator för primärenergi-användning i kWh/m² och år skall ingå i den nationella planen. De primärenergifaktorer som används för att fastställa primärenergianvändning får grundas på nationella eller regionala årsgenomsnittsvärden och får ta hänsyn till relevanta europeiska standarder.

Beteckningen "Nära-nollenergibyggnad" är oprecis men kan inge förväntningar om att man uppfört en byggnad med låg energianvändning och egen lokal energiproduktion som i hög grad balanserar den tillförda energin. I direktivet (Artikel 9 pkt 3) krävs att medlemsstaterna utformar en praktisk tillämpning av definitionen nära-nollenergibyggnad, där primärenergianvändningen i kWh/m² ingår. I den tidigare promemorian från regeringen 2012 om nära-noll-energi-byggnader³ saknas en strikt svensk definition av beteckningen nära-noll-energi-byggnad. I denna definition blir viktningsfaktorerna för olika energibärare mycket viktiga. Valet av viktningsfaktorer får avgörande betydelse för val av energiteknik. I promemorian (sid 22) hänvisas till de viktningsfaktorer som togs fram i delbetänkande till Energieffektiviseringsutredningen. I denna föreslås att el och värme skall värderas som 2,5-1.

¹ Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU av den 19 maj 2010 om byggnaders energiprestanda.

² Europeiska Kommissionen. 2014. EU energy in figures statistical pocketbook 2014, Luxembourg.

³ Näringsdepartementets promemoria avseende omarbetat direktiv om byggnaders energiprestanda, EPBD2. Promemoria II: förslag och bedömningar avseende nära-nollenergibyggnader, Remiss N2011/7477/E

I direktivet om byggnaders energiprestanda anges att det är upp till de enskilda medlemsstaterna att definiera och införa begreppet nära-noll-energi-byggnader (NNEB) och det betonas också att decentraliserad energiproduktion är en viktig faktor att ta hänsyn till. I början av 2014 gav den svenska regeringen Boverket i uppdrag att föreslå en rimlig definition av NNEB och införa denna i Boverkets byggregler⁴. I juni 2015 avslutades uppdraget och Boverket skickade förslaget till den svenska regeringen som i sin tur skickade ut det på remiss⁵. I början av 2017 presenterade Boverket sitt förslag till föreskrifter⁶.

1.1.2 Boverkets förslag till nära-nollenergibyggnadsdefinition

Mot bakgrund av bl.a. det reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda har Boverket utarbetat skärpta energihushållningskrav som gäller fullt ut från 1 januari 2013 (BBR 2012). Dessa bestämmer hur mycket energi som maximalt får användas för uppvärmning, komfortkyla, tapp-varmvatten samt fastighetsenergi. Icke eluppvärmda byggnader får ha en faktor 1,6 gånger högre specifik energianvändning än eluppvärmda byggnader, vilket resulterar i att en byggnad med värmepump rent principiellt kan uppföras med betydligt sämre klimatskal än en byggnad som värms med fjärrvärme.

I Boverkets förslag tas separata nivåkrav för byggnadens energiprestanda bort och ersätts med en nivå som kallas primärenergital (PET). Samtidigt införs primärenergifaktorer (PEF) för el, 1,6, och 1,0 för övrig köpt energi. Senast 2021 ändras PEF för el till 2,5.

Den föreslagna definitionen, se figur 1, har olika viktningsfaktorer för elenergi baserat på dess användningsområde i byggnaden. El till uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsel har, som tidigare nämnts, en PEF på 2,5. Hushållsel räknas inte med i byggnadens energiprestanda.

$$PET = \frac{\left(\frac{E_{\text{uppv,el}}}{F_{\text{geo}}} + E_{\text{kyl,el}} + E_{\text{tvv,el}} + E_{\text{f,el}} \right) * PE_{\text{el}} + \left(\frac{E_{\text{uppv}}}{F_{\text{geo}}} + E_{\text{kyl}} + E_{\text{tvv}} \right) * PE_{\text{övr}}}{A_{\text{temp}}}$$

där

$E_{\text{uppv,el}}$	Elenergi till uppvärmning, kWh/år
$E_{\text{kyl,el}}$	Elenergi till komfortkyla, kWh/år
$E_{\text{tvv,el}}$	Elenergi till tappvarmvatten, kWh/år
$E_{\text{f,el}}$	Elenergi till fastighetsenergi, kWh/år
E_{uppv}	Annan energi än el till uppvärmning, kWh/år
E_{kyl}	Annan energi än el till komfortkyla, kWh/år
E_{tvv}	Annan energi än el till tappvarmvatten, kWh/år
PE_{el}	Primärenergifaktor för elenergi, -
$PE_{\text{övr}}$	Primärenergifaktor för annan energi än el, -
F_{geo}	Geografisk justeringsfaktor, -

Figur 1. Boverkets förslag remiss till NNEB definition (2017)

⁴ Näringsdepartementet. 2014. Uppdrag att föreslå definition och kvantitativ riktlinje avseende energihushållningskrav för nära-nollenergibyggnader. N2014/75/E

⁵ Boverket. Förslag till svensk tillämpning av nära-nollenergibyggnader. RAPPORT 2015:26. 2015

⁶ Boverkets förslag till föreskrifter för NNEB definitionen (2017)

Förutom PEF har även geografiska justeringsfaktorer införts. Dessa ersätter de befintliga zonerna och varierar mellan 0.9 och 1.6 med Eskilstuna som referens, 1,0. Andra förändringar är ändrade kravnivåer och U_m -värden.

I ett tidigare förslag från Boverket användes fortfarande begreppet specifik energianvändning. I detta förslag viktades el olika beroende på användningsområde. El för uppvärmning, tappvarmvatten och kyla viktades med en faktor 2,5 och fastighetsel med faktor 1, se figur 2.

$$E_{\text{spec}} = \frac{(E_{\text{el,uppv}} + E_{\text{el,vv}} + E_{\text{el,kyla}}) * 2,5 + E_{\text{el,fast}} + E_{\text{uppv}} + E_{\text{vv}} + E_{\text{kyla}}}{A_{\text{temp}}}$$

där

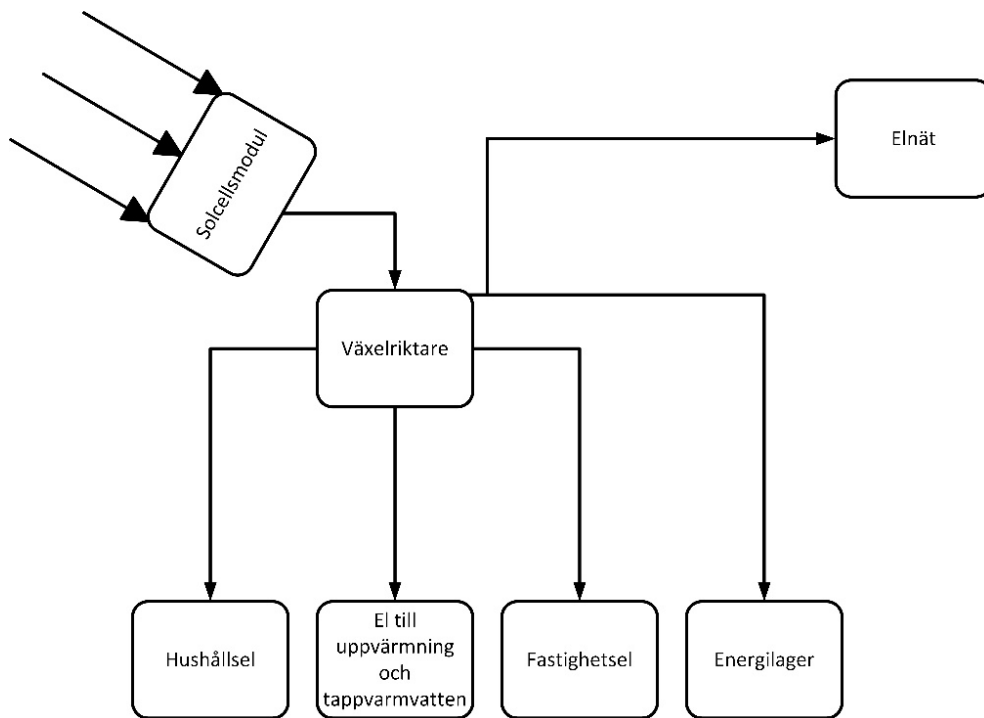
$E_{\text{el,uppv}}$	Elenergi till uppvärmning, kWh/år
$E_{\text{el,vv}}$	Elenergi till varmvatten, kWh/år
$E_{\text{el,kyla}}$	Elenergi till komfortkyla, kWh/år
$E_{\text{el,fast}}$	Fastighetsel, kWh/år
E_{uppv}	Annan energi än el till uppvärmning, kWh/år
E_{vv}	Annan energi än el till varmvatten, kWh/år
E_{kyla}	Annan energi än el till komfortkyla, kWh/år
A_{temp}	Area med temperatur över 10°C, m ²

Figur 2. Definition av specifik energianvändning

I båda förslagen betraktas solenergi och den värme som en värmepump tar från omgivningen och som används direkt i byggnaden som energieffektivisering.

1.1.3 Solenergi och dess användning i byggnader

Solcellssystem används i Sverige huvudsakligen för att spara köpt energi i byggnader vilket också leder till att byggnadens primärenergital minskas. I den föreslagna NNE-definitionen finns inget specificerat i detalj om hur solelen skall hantearas. Solelen kan, vilket beskrivs grafiskt i figur 3, minska behovet av köpt hushållsel (småhus), fastighetsel och el till uppvärmning, komfortkyla och tappvarmvatten.



Figur 3. Solelens olika användningsområden i en byggnad

I Boverkets förslag till föreskrifter finns ingen beskrivning hur soler skall hanteras. Detta ger upphov till problem i byggnaders projekteringsfas. Det är inte specificerat med vilken upplösning beräkningarna ska ske. T ex kan beräkningar ske på dagsbasis, tim- minut- eller sekundbasis. Beroende vilken basis som används så varierar den soleandel som används i byggnaden.

Två begrepp definieras här för att resultatdelen skall kunna förstås lättare. Dessa är egenanvändning av soler och solenergiandel. Egenanvändningen definieras som den del av solelen som används direkt i byggnaden eller lagras i ett energilager för senare användning i byggnaden. Solenergiandelen definieras som den del av byggnadens totala energianvändning som kommer från solenergisystemet.

Solvärme används huvudsakligen i Sverige för att spara bränsle i systemkombinationer med fastbränslepannor i enfamiljshus. Det finns dock exempel på solvärmesystem på större byggnader och även system som är inkopplade på fjärrvärmenätet.

1.1.4 Metoder för värdering av energiresurser

Den idag förhärskande metoden att värdera användning av energiresurser är primärenergi. Primärenergi är, enkelt uttryckt, den energi som krävs för att leverera en viss mängd slutlig energi. På vägen från utvinning av energiråvaror till slutkund uppstår energiförluster genom utvinning, förädling, transport, omvandling och distribution. Den slutligt använda energin är den energi som används av slutanvändaren. Det går med andra ord åt energi för att producera energi. Förhållandet mellan primärenergianvändning och slutanvänd energi kallas primärenergifaktor och används för att beräkna det totala energiresursbehovet för en viss mängd slutanvänd energi. Faktorerna för olika bränslen och energiformer fastställs

som kvoten mellan tillförd primärenergi och nyttiggjord energi. Primärenergifaktor kan med andra ord jämföras med (inversen av) totalverkningsgrad eller systemverkningsgrad. Det går alldeles utmärkt att blanda olika energiformer så länge enheterna är de rätta. Primärenergi har under senare år fått ett stort genomslag på såväl nationell nivå (t.ex. värmemarknadskommittén och SABO) som EU-nivå. När det gäller numeriska värden för primärenergifaktorer är en av de vanligast använda källorna Miljöfaktaboken för bränslen⁷.

Det finns emellertid flertalet andra ansatser som på olika sätt värderar resursanvändningen för energianvändning i främst byggnader. Vid bedömning av resurseffektivitet bör hänsyn tas till att den köpta energin har olika kvalitet. Kvaliteten kan beskrivas på olika sätt där *energiform* (elektrisk energi, strålningsenergi, värme m.m.) och *energislags* (solenergi, vattenkraft, fossil energi m.m.) är exempel på detta. *Energiformsfaktorn* tar hänsyn till kvalitetsskillnaden mellan exempelvis el och värme och används av FEBY⁸ samt i olika nordiska byggregler⁹. *Energislagsfaktorn* har tidigare föreslagits av FEBY (Erlandsson, 2009) men förekommer också i Miljöbyggnad som är det dominerande svenska miljöcertifieringssystemet för byggnader. Hur energislagsfaktorn bestäms i Miljöbyggnad beskrivs och diskuteras längre fram i rapporten. I en fjärrsynrapport från 2011¹⁰ beskrivs ett mått kallat *energiresursindex*. Detta mått ska fungera som ett komplement till primärenergifaktorn som inte tar hänsyn till energislagsens hållbarhet. Med hållbarhet menas här uthållighet och tillgänglighet.

Energiformsfaktorn är nära besläktad med begreppet exergi som är ett mått på energikvalitet. Exergi beskriver förmågan att kunna utföra arbete. I varje energiomvandling kan exergin bara förbrukas (minska) varvid entropin ökar. Denna energikvalitet är avgörande för hur effektiv energiomvandlingen kan vara. Elektrisk energi har goda förutsättningar att driva en bil längre jämfört med motsvarande mängd värmeenergi. Man brukar uttrycka detta så att elektrisk och mekanisk energi är energi av hög kvalitet, som kan omvandlas till andra energislags med små förluster, medan till exempel värmemängden i ett föremål (i synnerhet ett som är föga varmare än omgivningen) har mycket lägre energikvalitet (stora omvandlingsförluster). Exergibegreppet är utförligt beskrivet av ex. Göran Wall och kvalitetsfaktorer finns uträknade för olika energikällor, se tabell 1. Denna kvalitetsfaktor beräknas på samma sätt som Carnot-verkningsgrad, d.v.s. maximal verkningsgrad för en värmemotor som opererar mellan två temperaturer.

Tabell 1. Kvalitetsfaktorn för olika energiformer i en standardomgivning av rumstemperatur (Wikipedia)

⁷ Gode, J., Martinsson, F., Hagberg, L., Öman, A., Höglund, J., Palm, D. (2011) Miljöfaktaboken 2011 Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter, Värmeforsk, rapport A08-833

⁸ Erlandsson, M. (2009) Bedömning av resurseffektiva byggnader: Faktorer för olika energiformer och energislags, IVL rapport C 18

FEBY (2012) Energiformsfaktor, <http://www.nollhus.se/feby-12/nollenergihus/nollenergihus/energiformsfaktor>

⁹ Miljöministeriet (2012) Miljöministeriets förordning om byggnaders energiprestanda, D3 Finlands bestämmelsesamling

Finlands författningssamling (2013) Statsrådets förordning om energiformsfaktorerna för byggnader

¹⁰ Erlandsson, M., Sandberg, E. (2011) Resursindex för energi – konsekvensanalys för byggnader med fjärrvärme, Fjärrsyn rapport 2011:7

Energikälla	Kvalitetsfaktor
Mekanisk energi	< 1,00
Elektrisk energi	1,00
Kärnbränsle	0,95
Solstrålning	0,93
Kemiska bränslen	Omkring 1
Termisk energi och värmestrålning vid 300 °C *	0,96
Termisk energi och värmestrålning vid 100 °C *	0,27
Termisk energi och värmestrålning vid 40 °C *	0,07
Termisk energi och värmestrålning vid 20 °C *	0,00

* Med en omgivningstemperatur på 20 °C (293 K).

Ytterligare en variant på kvalitetsbegreppet har föreslagits i projektets första fas (Karlsson et al, 2016) genom en s.k. primärelfaktor (kallas även sekundärenergi-kvalitetsfaktor) vilken beskriver energibärandens förmåga att utföra arbete eller omvandlas till el.

1.2 PROBLEM

Det övergripande problemet som projektet som helhet vill finna lösningar på är att köpt energi är ett olämpligt mått på resursanvändning då elektricitet, värme och bränslen utgör olika stora resurser. Det är mycket viktigt att strikt skilja på användning av elektrisk energi och värme när byggnadens användning av energi analyseras. Om det finns behov av att ange byggnadens totala energianvändning skall elanvändningen multipliceras med en faktor av i storleksordningen 3 när byggnadens energibudget summeras. Det innebär att en byggnad som försörjs med fjärrvärme och byter till markvärmepump och på så sätt minskar energianvändningen förändrar energibehovet från 3 enheter värme till 1 enhet elektrisk energi inte effektiviseringar utan endast byter värme mot el. Det är angeläget att lagar, värderingar och rekommendationer utformas för att styra energisystemet mot ökad effektivitet och miljönytta. Dagens byggregler riskerar att ge fel signaler för energieffektivisering inom fjärrvärmeområde med kraftvärme genom att de styr mot att spara värme i kraftvärmenät och använda mera el samtidigt som kraftproduktionen i kraftvärmeverket minskar. En metod som bättre värderar dessa skillnader utvecklades i projektets första fas¹¹. Ett grundläggande problem är dock att det inte finns någon metod som samtidigt värderar alla önskvärda aspekter som bör ingå vid värdering av energiresurser:

1. Något som beskriver resurseffektiviteten, d.v.s. systemverkningsgraden
2. Information om användning av förnybara eller icke förnybara (lagerresurs) resurser (resursknapphet)
3. För förnybara resurser kan det vara intressant att skilja mellan flödande resurser och fondresurser (biomassa)
4. För icke förnybara resurser kan man vilja skilja mellan fossila och icke-fossila resurser (läs uran)
5. Resursens förmåga att omvandlas till arbete (exergi)

¹¹ Karlsson, B., Lundström, L., Eriksson, O. (2016) Energivärdering av byggnader – Analys av regelstyrd energi- och miljövärdering av byggnader, Fjärrsyn-rapport 2016:XX

6. Eventuellt kan man vilja beskriva miljöpåverkan från utsläpp

1.3 SYFTE OCH MÅL

Syftet med projektet som helhet är att utvärdera alternativa energivärderingsregler för att bidra till en mer resurseffektiv energihushållning. Att applicera ett naturvetenskapligt angreppssätt på Boverkets byggregler ger värdefull kunskapsuppbyggnad med avseende på primärenergianvändning och definition av begreppet förnybar energi. Målen för projektet är att:

1. Redovisa Boverkets förändrade byggregler samt ge förslag till ett helt omarbetat alternativ. Regelverket ska omfatta även solelsystem som inte kan bedömas utifrån byggreglerna idag.
2. Utforma kvalitetsfaktorer för energiformerna el, bränsle och värme.
3. Analysera energianvändning före och efter energieffektivisering för 20 byggnader med och utan fjärrvärme med hjälp av olika simuleringsprogram.

Projektmålen 1-2 är redovisade i projektets första delrapport¹² medan projektmål 3 redovisas i föreliggande rapport. I denna fas har fokus legat på att genom simuleringar av energianvändning i byggnader illustrera möjliga problem med definitionen av nära-noll-energi-byggnader. Projektmålet har därför i sin tur brutits ner i delprojektmål vilka formulerats som konsekvensanalyser:

1. Belysa problemet med solcellssystemets påverkan på byggnadens specifika energianvändning för byggnader med olika uppvärmningssystem (bergvärmepump och fjärrvärme)
2. Belysa hur BBR och NNE-definitionen påverkar renoveringar med avseende på specifik energianvändning och värdera vilka åtgärder som är mest lönsamma för fastighetsägaren.
3. Belysa hur kraven i NNE-definitionen påverkar valet av uppvärmningssystem i nya byggnader inom fjärrvärmeområden.

Det har också funnits en ambition att inom ramen för projektet utveckla en robust, entydig och konsistent metod för resursvärdering av energianvändning. Följande krav kan ställas på en sådan metod:

1. Den bör lämpligen fånga alla relevanta aspekter av resursanvändning som tidigare nämnts
2. Den bör i möjligaste mån bygga på de mått som redan finns
3. Den bör kunna appliceras för bokföring och för konsekvensanalys.
4. Den bör vara transparent
5. Den bör vara entydig och ha prövats teoretiskt för många olika fall
6. Den bör vara dokumenterad i en vetenskaplig uppsats

Hypotesen har varit att befintliga metoder/mått efter viss modifiering kan kombineras till ett samlande mått på resursanvändning. Detta då en primärenergifaktor vill belysa mängden energi i ett livscykelperspektiv, en energiformsfaktor vill belysa mängden exergi i ett livscykelperspektiv och en energislagsfaktor vill belysa

¹² Karlsson, B., Lundström, L., Eriksson, O. (2016) Energivärdering av byggnader – Analys av regelstyrd energi- och miljövärdering av byggnader, Fjärrsyn-rapport 2016:XX

resursknapphet. I ett sent skede av projektet beslutades dock att istället använda dessa utgångspunkter för intellektuell bearbetning och uppsummerande diskussion kring:

1. Resultat från byggnads- och energisimuleringar
2. Incitamentsstruktur (EU-direktiv, BBR, miljöcertifieringssystem)
3. Inverkan av skilda tidsperspektiv och systemgränser
4. Hur användningen av energiresurser ska värderas i generell bemärkelse
5. Hur olika miljöcertifieringssystem för byggnader i allmänhet och miljöbyggnad i synnerhet behandlar energianvändning

Utifrån dessa mål kommer projektet redovisa slutsaster med avseende på utformning av energipolicy, hantering av tidsperspektiv, hantering av systemgränser samt metodik för värdering av energiresursanvändning.

2 Metodik

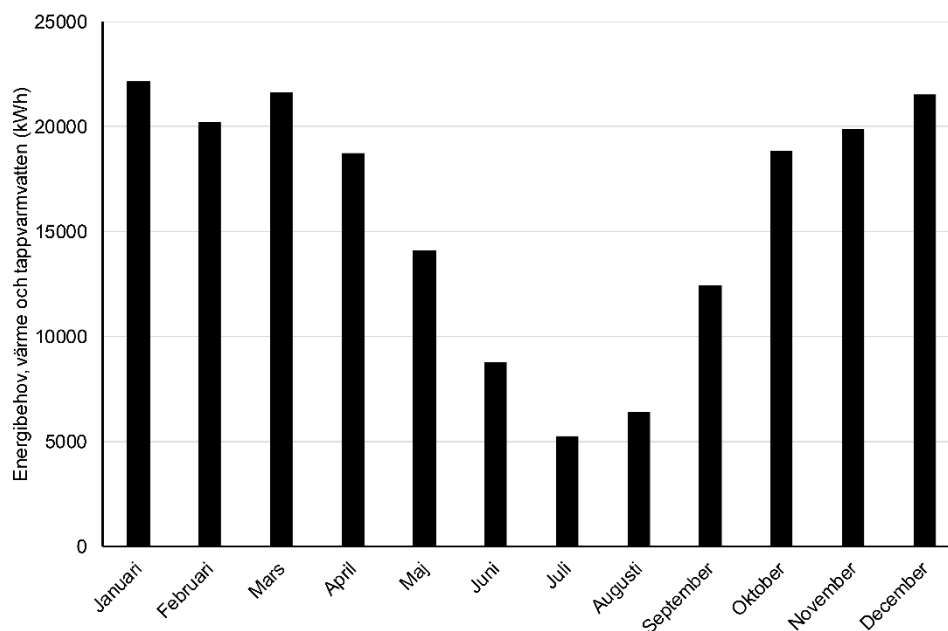
I huvudsak bygger metodiken i projektets andra fas på simuleringar av byggnader och energisystem med syfte att göra olika konsekvensanalyser. Förändringar i en typbyggnads energianvändning analyseras till följd av renoveringsåtgärder (energieffektivisering), val av olika uppvärmningssystem samt egenproducerad el genom solceller. Resultaten från byggnadssimuleringarna används även för analys av konsekvenser i energisystemet där olika fjärrvärmemixer analyseras. Resultatet från energisystemsmodelleringarna föreligger i form av CO₂-utsläpp som ett resultat av förändrad användning av el och värme i byggnaden samt bränslen i energisystemet. Till en mindre del ingår även kritisk granskning av dokument samt analys och syntes av olika delresultat.

2.1 BYGGNADSSIMULERINGAR

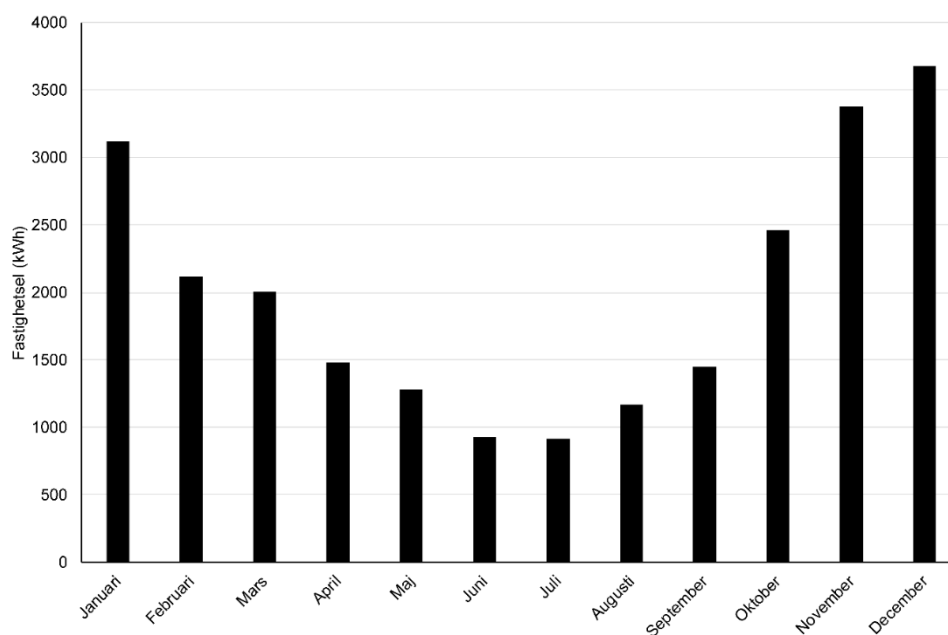
Alla simuleringar utförs i simuleringsprogrammet Trnsys¹³. Trnsys är ett ekvationsbaserat simuleringsprogram som simulerar dynamiska förlopp och används främst för simulering av energisystem. Programmet består av en kärna och komponenter eller så kallade "types". Dessa komponenter beskriver olika delar av ett energisystem, t ex en värmepump. Komponenter kopplas samman i ett system. Varje komponent har specifika utdata och indata som skall fyllas i av användaren eller som kommer från en annan komponents utdata. Alla simuleringsresultat bearbetas och analyseras i ett kalkylprogram.

Ett nyrenoverat flerbostadshus i Eskilstuna har analyserats. Byggnaden består av tre våningsplan med 24 lägenheter och totalt 3331 m² tempererad yta. En tvättstuga finns också i byggnaden. Årligt energibehov inklusive värme, tappvarmvatten och fastighetsel är ca 180 MWh och är ett medelvärde baserat på tre likvärdiga byggnader. Månatligt värme- och tappvarmvattenbehov visas i figur 4 och månatlig fastighetselanvändning i figur 5.

¹³ Klein, S. A et al. 2010. TRNSYS 17, A transient system Simulation Program. User Manual Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison



Figur 4. Flerbostadshusets månatliga energibehov för värme och tappvarmvatten



Figur 5. Flerbostadshusets månatliga användning av fastighetsel

Flerbostadshusets energibehov för värme, tappvarmvatten och fastighetsel är uppmätta data¹⁴. Dessa uppmätta data används i kombination med simulerade data för solcells- och solvärmesystemen.

Solcellssystem från 1 kW till 200 kW och solvärmesystem från 0 m² till 294 m² har analyserats i denna studie. Ingen hänsyn ha tagits till tillgänglig takyta i förhållande till solcellssystemyta vid olika systemstorlekar. För att ge läsaren en uppfattning om storlek på solcellssystem kan sägas att det krävs en yta på 6,7 m² per installerad kW om solcellsmodulerna har en verkningsgrad på 15 %.

¹⁴ Eskilstuna Kommunfastigheter, Lukas Lundström

Om en bergvärmepump med 4 i årsvärmefaktor står för värme och tappvarmvatten blir årsbehovet av köpt driftsel till bergvärmepumpen och fastighetsel, ca 44 MWh. Två olika versioner av flerbostadshuset jämförs och analyseras, dessa redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Uppvärmnings- och ventilationssystemen i de olika versionerna av flerbostadsbyggnaden

Uppvärmningssystem	Ventilationssystem
Fjärrvärme	Från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning
Bergvärmepump	Från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning

2.2 ENERGISYSTEMSIMULERINGAR

För att analysera hur fjärrvärme och en bergvärmepumpensamt eller i kombination med solceller eller solfångare påverkar de globala koldioxidutsläppen används en metod där utetemperaturen enbart sätter gränserna mellan baslast/mellanlast samt mellanlast/topplast. Det ger en enkel men relativt noggrann metod[1]. Som en referens används fjärrvärmesystemet i Eskilstuna. Fjärrvärmesystemet i Eskilstuna har ett biobränsleeldat kraftvärmeverk som baslast, en biobränsleeldad värmepanna som mellanlast samt en oljeeldad panna som spetslast. Bryttemperaturen mellan baslast och mellanlast är +5°C och bryttemperaturen mellan mellanlast och topplast är -5°C [2].

För att analysera hur en förändrad användning eller produktion av el påverkar de globala koldioxidutsläppen används tre olika antaganden för sluppen elproduktion, samtlig med s.k. bokföringsperspektiv där det är en produktionsmix som ersätts. Det första antagandet är att det är s.k. Nordisk Elmix som ersätts. Antagande 2 är att det är Europeisk medel-el som ersätts medan det sista antagandet utgår från residualmixen i det Nordiska kraftsystemet, d.v.s. den elmix som återstår sedan den mängd grön el som specifikt köpts av slutkunder dragits bort från den Nordiska mixen.

För att analysera hur olika komposition av bränslen i fjärrvärmenätet påverkar de globala koldioxidutsläppen antas tre olika kombinationer av bränslen samt produktion av värme i värmeverk (vv) eller kraftvärmeverk (kvv). De tre olika kombinationerna presenteras i Tabell 3. De olika bränslena som används är biobränslen (bio), hushållsavfall (avfall) samt olja.

Tabell 3 Bränslesammansättningar samt produktion av fjärrvärme i värmeverk (VV) eller kraftvärmeverk (KVV)

Systemkonfiguration	Baslast	Mellanlast	Topplast
Referens Eskilstuna	Bio KVV	Bio VV	Olja
Hög andel elproduktion	Bio KVV	Bio KVV	Olja
Fossilbaserad fjärrvärme	Kol KVV	Kol VV	Olja

För att beräkna de globala koldioxidutsläppen används emissionsfaktorer enligt Tabell 4.

Tabell 4 Använda emissionsfaktorer

Bränsle/allokeringmetod för el	Emissionsfaktor	Enhet	Referens
Olja	300	g/kWh bränsle	¹⁵
Kol	335	g/kWh bränsle	¹⁶
Biobränsle	0	g/kWh bränsle	Antagande
Elektricitet, Nordisk elmix	100	g/kWh elektricitet	¹⁷
Elektricitet, Nordisk residualmix	344	g/kWh elektricitet	¹⁷
Elektricitet, Europeisk medel	280	g/kWh elektricitet	¹⁸

Förändringar i globala koldioxidutsläpp jämförs för fjärrvärme som bas för uppvärmning (Fjv) i kombination med både solfångare (solf) och solceller (solc) samt frånluftsvärmepump (FVP) eller bergvärmepump (BVP) i kombination med solfångare och solceller. Solfångaranläggningen antas bestå av 101 m² plana solfångare kopplade till en 5m³ ackumulatortank. Solcellssystemet antas ha en toppeffekt av 25 kW_p, vilket motsvarar ca 200 m² solcellsmoduler. Förändringarna i globala koldioxidutsläpp utgår från att fastigheten använder fjärrvärme som bas och sedan kompletterar med solfångare eller fjärrvärme eller att fjärrvärme byts ut till en bergvärmepump i kombination med solfångare eller solceller. Detta ger förändringen i globala koldioxidutsläpp utifrån referensfallet, bara fjärrvärme.

2.3 GRANSKNING OCH ANALYS

I denna del ingår att kritiskt granska regelverk och miljöbedömningsmetoder för byggnader kopplade till byggnaders energianvändning samt att analysera såväl resultat från olika simuleringar samt hur dessa resultat förhåller sig till de regelverk som finns.

En typ av dokument som granskats är regelverk i form av förslag till EU-direktiv och nationella byggregler och föreskrifter. De tre förslag till EU-direktiv som ingår är energieffektiviseringsdirektivet (EED), förnybarhetsdirektivet (RESO) och direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD). Förslagen har granskats med avseende på vilka problem som direktivet ska fungera som lösning på, vilka delar som är gemensamma och vilka som bestäms i varje medlemsland, deras relevans för energi- och miljövärdering av energianvändning och i vilken utsträckning de reflekterar svenska förhållanden. Dessutom har en genomgång gjorts av de olika beräkningssätten för primärenergifaktorn för europeisk el och en alternativ metod som bygger på resultaten från fas 1 föreslås.

När det gäller nationell lagstiftning så har Boverkets byggregler (BBR) samt förslaget till föreskrifter om nära-noll-energi-byggnader granskats. Granskningen syftar till att analysera kopplingen mellan vad som beskrivs i relevant EU-direktiv (främst EPBD) och även här hur regelverket fångar olika aspekter på energi- och miljövärdering av byggnader.

¹⁵ Difs, K., Bennstam, M., Trygg, L., Nordenstam, L. (2010) Energy conservation measures in buildings heated by district heating – A local energy system perspective, Energy 35 (8), pp 3194-3203, <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.04.001>

¹⁶ Unger, T. (Profu AB, Göteborg, Sweden) personlig kommunikation, 2009

¹⁷ <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Miljo-och-klimat/Klimatpaverkan/Hur-mycket-koldioxid-medfor-din-elanvandning/>

¹⁸ <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment>

Den tredje delen i dokumentgranskningen hanterar olika miljöbedömningssystem för byggnader. Syftet med detta kapitel är att beskriva hur olika miljöbedömningsmetoder för byggnader hanterar energifrågor. Utifrån projektets inriktning har ett antal olika utvärderingsparametrar identifierats:

1. Energianvändning; hur behandlas och viktas olika energibärare
2. Egenproducerad energi; främst egenproducerad el och solvärme
3. Miljöpåverkan; utsläpp och resursanvändning
4. Livscykel; hur stor del ingår
5. Indikator; hur är de utformade
6. Klimatskal; om hänsyn tas till byggnadens prestanda
7. Förankring; om det finns koppling till lagstiftning eller andra system

Exempel på utvärderingsparametrar som inte ingår för närvarande, men som skulle kunna ingå i en fördjupad granskning är:

1. Skillnader i klassningskriterier mellan småhus och flerbostadshus
2. Skillnader i klassningskriterier mellan nybyggnad och befintlig byggnad
3. Krav på mätning
4. Vilket tidsperspektiv tillämpas (bokföring eller konsekvensanalys)

Det har naturligtvis inte varit möjligt att granska alla på marknaden förekommande metoder. I första hand har vi valt att fokusera på de metoder som stöds av Swedish Green Building Council (SGBC):

1. LEED
2. BREEAM
3. Miljöbyggnad
4. Green Building

Metoderna har olika geografiskt ursprung. LEED härstammar från USA och har kostnadsfokus. BREEAM kommer ursprungligen från Storbritannien, vi har dock granskat den svenska versionen som baseras på en europeisk version. Miljöbyggnad är en metod som utvecklats i och för Sverige medan Green Building är ett EU-initiativ. I denna granskning har vi i första hand tittat på de svenska versionerna med fokus på nya och befintliga bostadsbyggnader. Vi kan, om efterfrågan finns, även granska originalversionerna, d.v.s. så som systemen ser ut på respektive hemmamarknad vilket i fallet med Miljöbyggnad innebär att vi skulle titta på vad projektet "Miljöklassning av byggnader" föreslog i slutrapporten.

Övriga miljöbedömningsmetoder som kan tillföras undersökningen vid behov är:

1. Code for Sustainable Homes
2. GB Tool
3. Miljöbelastningsprofilen
4. EcoEffect
5. Casbee
6. DGNB

I detta kapitel flaggar vi också upp för möjligheten att fördjupa analysen ytterligare genom att för olika typbyggnader tillämpa olika certifieringssystem och ana-

lysera hur utfallet påverkas av de förslag till energiformsfaktorer med mera som kommer föreslås av innevarande projekt.

Avslutningsvis görs en analys och syntes av de resultat som erhållits från såväl simuleringar som granskning av styrdokument. Här ligger fokus på att beskriva vad som händer med styrningen när ett EU-direktiv ska omsättas i praktisk verklighet i byggnader i Sverige. Dessutom diskuteras ett antal olika metodologiska aspekter som relaterar till tidsperspektiv, systemgränser, generaliserbarhet med mera.

3 Resultat

Kapitlet är indelat i tre huvudsakliga delar med resultat från simuleringar, granskning av miljöcertifieringsmetoder och granskning av EU-direktiv och Boverkets föreskrifter om NNE-byggnader.

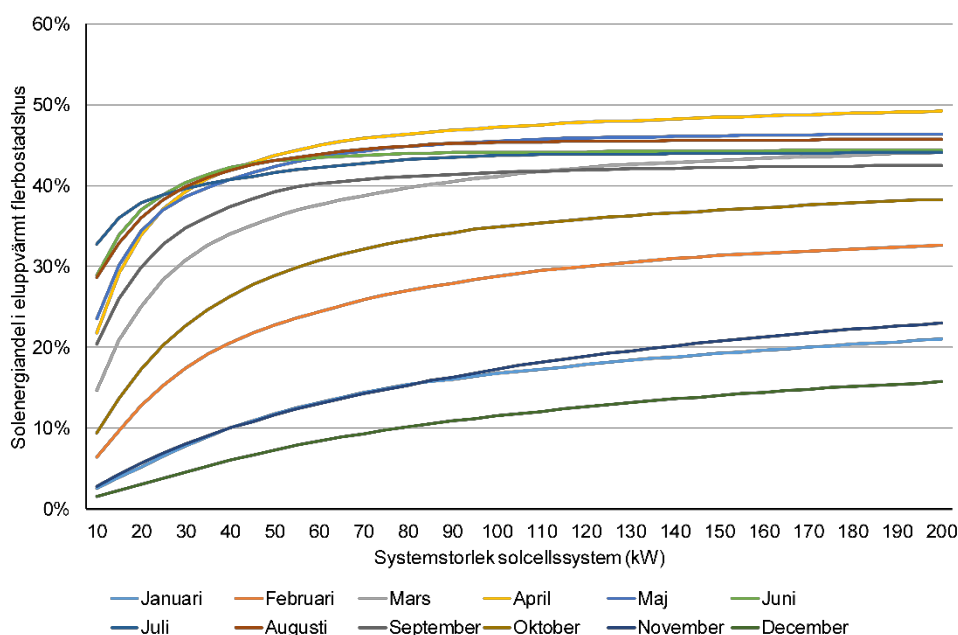
3.1 BYGGNADS- OCH ENERGISYSTEMSIMULERINGAR

Simuleringarna är indelade i tre sektioner som alla utgår från Boverkets föreslagna nära-noll-energi-byggnadsdefinition.

3.1.1 Påverkan på solel i byggnader med olika uppvärmningsform

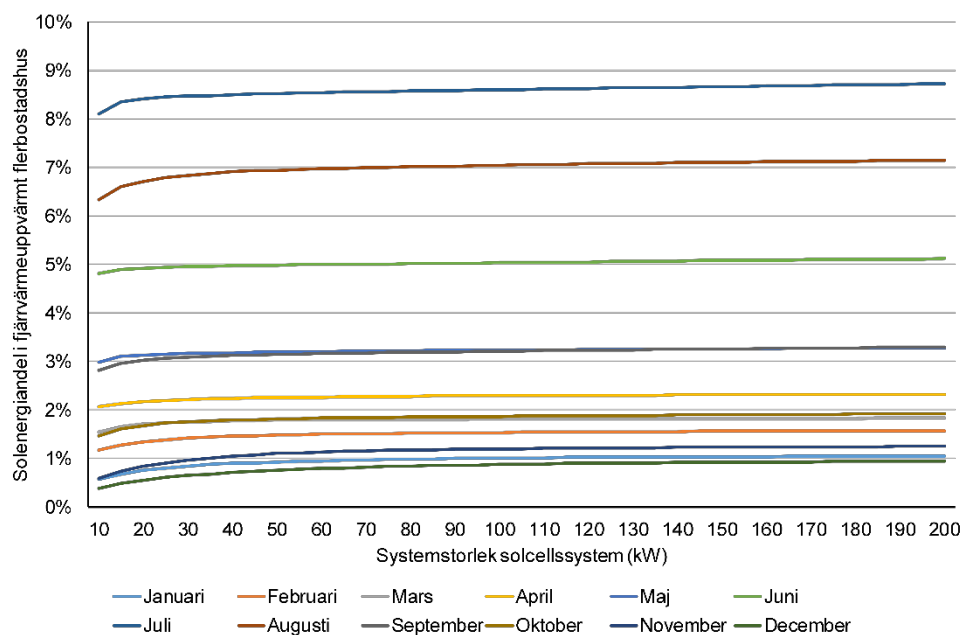
Flerbostadshusets huvudsakliga värmebehov är koncentrerat till vintermånaderna vilket tidigare visats i figur 4. Användning av fastighetsel över året är även den något större under vintermånaderna vilket visats i figur 5.

Solenergiandelen i den eluppvärmda byggnaden varierar stort under året. Som lätt inses så är solenergiandelen störst under sommarmånaderna och detta visas i figur 6. Under vintermånaderna är solenergiandelen och således minskningen av köpt energi liten.



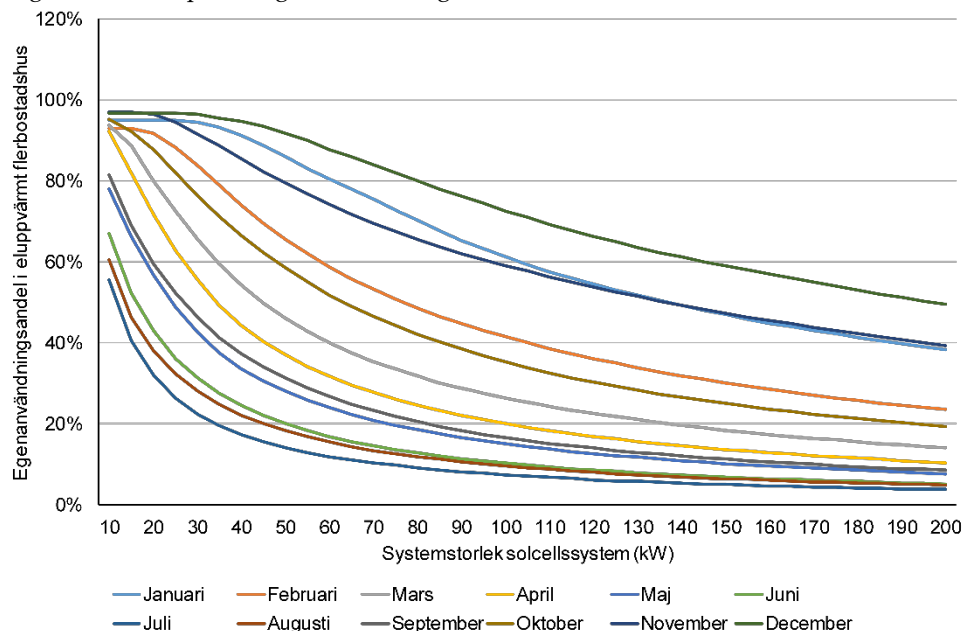
Figur 6. Månadsvis solenergiandel i den eluppvärmda byggnaden som en funktion av solcellssystemets storlek

I den fjärrvärmeuppvärmda byggnaden är den månadsvisa solenergiandelen mycket lägre än i den eluppvärmda byggnaden. Det beror på att elanvändningen är en relativt liten del av den totala energianvändningen i byggnaden. Även med liten elanvändning blir solenergiandelen högre under sommarmånaderna än under vintermånaderna. I figur 7 redovisas den månadsvisa solenergiandelen för den fjärrvärmeuppvärmda byggnaden.

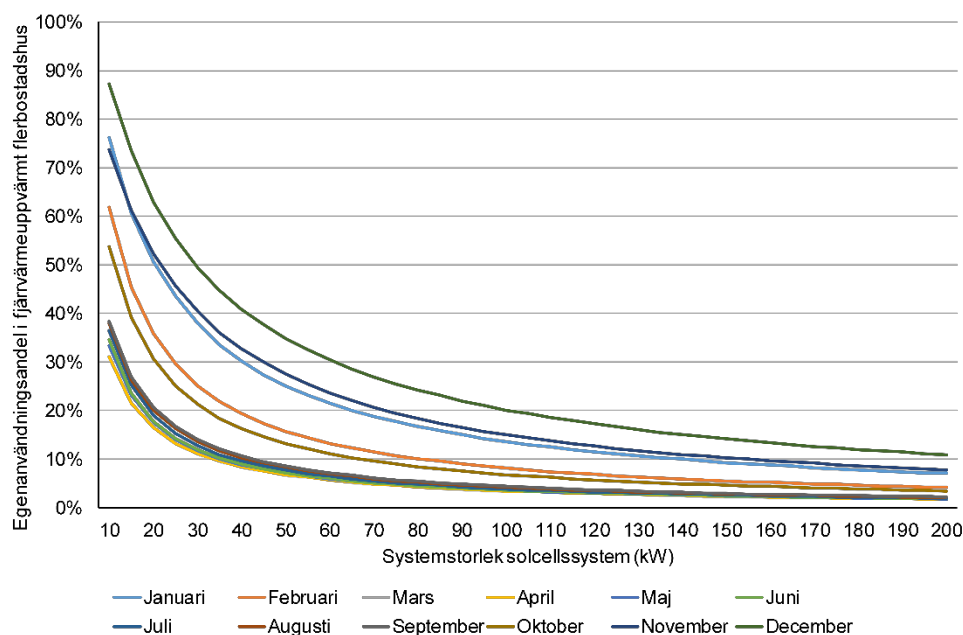


Figur 7. Månadsvis solenergiandel i den fjärrvärmeuppvärmda byggnaden som en funktion av solcellssystemets storlek

Egenanvändningen av solel visar hur stor del av solelen som används i byggnaden och hur stor del som måste matas in på elnätet och säljs. Som visas i figur 8 och 9 så går det att bygga större system på byggnader med eluppvärmning än med annan uppvärmning med en acceptabel egenanvändningsandel.



Figur 8. Egenanvändningsandel per månad och år i byggnad med elvärme som funktion av installerad solcellssystemstorlek

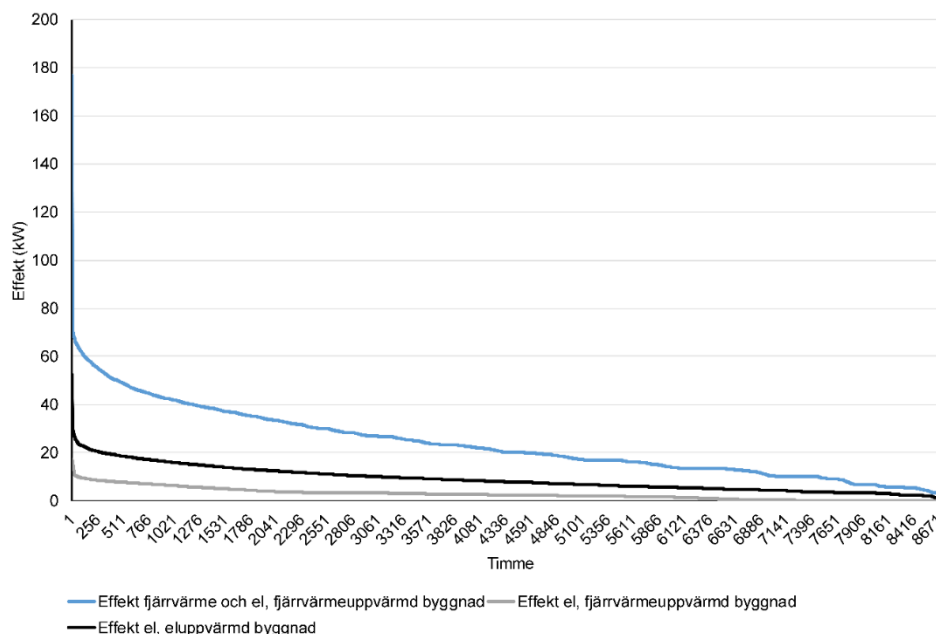


Figur 9. Egenanvändningsandel per månad och år i byggnad med fjärrvärme som funktion av installerad solcellssystemstorlek

I fallet med fjärrvärmeuppvärmning är egenanvändningsandelen på årsbasis redan vid 10 kW installerad solcellssystemeffekt låg, ca 40 %. Det kan diskuteras om denna byggnad är lämpad för ett solcellssystem eftersom större delen av utbytet måste säljas till relativt låga priser. Alternativet med eluppvärmning är mer lämpad och den bibehåller relativt höga egenanvändningsandelar, 60 %, upp till c:a 20 kW och systemet når 50 % vid ca 30 kW.

Hur maxeffektbehovet av el i byggnaden påverkas av solcellssystemet beror på när detta uppkommer under året. Uppkommer det t ex på vintern är sannolikheten stor att det inte påverkas av solcellssystemet.

I alternativet med bergvärmepump är det maximala eleffektbehovet c:a 3 gånger högre än i alternativet med fjärrvärme. I figur 10 presenteras byggnadens effektbehov med olika uppvärmningssystem i form av ett varaktighetsdiagram. Notera att byggnadens totala effektbehov inte påverkas av val av uppvärmningssystem men att en del av effektbehovet i alternativet med bergvärmepump täcks av "gratistillskott" från borrhålet.



Figur 10. Byggnadens effektbehov som en funktion av antalet timmar

3.1.2 Val av uppvärmningsform inom fjärrvärmeområdet

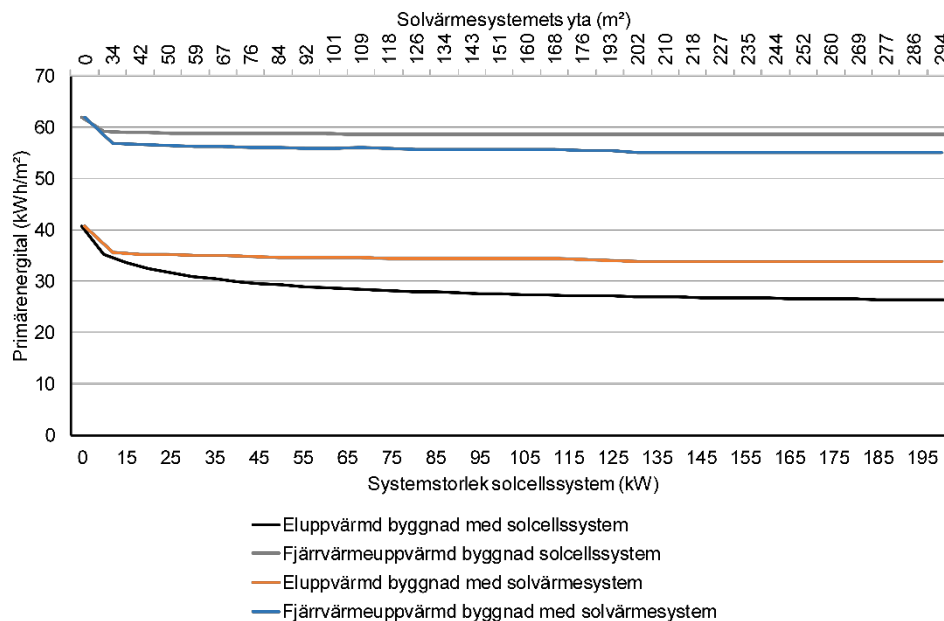
Som tidigare nämnts sparar el från solceller fastighetsel i en byggnad med fjärrvärme. Solfångare sparar fjärrvärme och el från solceller sparar fastighetsel och el för uppvärmning i en byggnad med bergvärme. Solfångare sparar värme, vilket gör att värmepumpen använder mindre el.

Val av uppvärmningsform inom fjärrvärmeområden beror på flera faktorer, bland annat ekonomi, långsiktig förvaltning och krav på byggnaders energihushållning. I denna studie är fokus på hur Boverkets föreskriftsförslag styr.

Den simulerade byggnadens primärenergital blir med fjärrvärme eller bergvärmepump utan solcellssystem 62 kWh/m² respektive 41 kWh/m². Båda alternativen uppfyller kravnivån på 85 kWh/m² i Boverkets förslag. Skillnaden i specifik energianvändning mellan de olika uppvärmningsalternativen, utan solcellssystem, förklaras av att bergvärmepumpen har en högre årsvärmefaktor än Boverkets föreslagna primärenergifaktor på 2,5. Det är en skärpning från nu gällande byggregler¹⁹ för eluppvärmda byggnader men värmepumpar med en årsvärmefaktor högre än 2,5 gynnas fortfarande i relation till icke eluppvärmda byggnader.

Byggnadens primärenergital som funktion av solcellssystemets installerade effekt visas i figur 11.

¹⁹ Boverkets förslag till föreskrifter för NNEB definitionen (2017)



Figur 11. Byggnadens primärenergital med fjärrvärme och bergvärme som funktion av solenergisystemets storlek

Installation av ett solcellssystem påverkar byggnaden med fjärrvärme endast marginellt. Primärenergitalet minskar med 3.2 kWh/m², A_{temp} eller 5 % om ett solcellssystem om 100 kW installeras. Med ett 100 kW solcellssystem i byggnaden med bergvärmepump reduceras primärenergitalet med 13 kWh/m² eller 32 %.

I byggnaden med fjärrvärme och solvärmesystem minskas primärenergitalet med 5 kWh/m², A_{temp} eller 8 % om ett system på 50 m² installeras. I byggnaden med bergvärmepump minskar ett 50 m² solvärmesystem primärenergitalet med 6 kWh/m², A_{temp} eller 14 %.

Primärenergitalet för ytterligare några solcellssystemstorlekar presenteras i tabell 5.

Tabell 5. Primärenergital vid olika solenergisystemstorlekar

	Fjärrvärme (kWh/m ²)	Elvärme (kWh/m ²)
Utan solenergisystem	62	41
Solcellssystem 20 kW	59	33
Solcellssystem 40 kW	59	30
Solcellssystem 60 kW	59	29
Solcellssystem 80 kW	59	28
Solcellssystem 100 kW	59	28
Solvärmesystem 50 m ²	57	35
Solvärmesystem 100 m ²	56	35
Solvärmesystem 200 m ²	55	34

Skillnaden mellan en flerbostadsbyggnad med el- respektive fjärrvärmeuppvärmning blir således stor och beror, som tidigare nämnts, på skillnaden i storlek på elanvändningen.

I båda alternativen med de olika uppvärmningssystemen reduceras primärenergitalet snabbt i början, figur 10, vilket betyder att system med relativt liten installerad effekt kan få stor påverkan på primärenergitalet.

3.1.3 En byggnads specifika energianvändning vid renovering

Det ställs inga skullkrav vid renovering av byggnader. I förslagets kapitel 9:9 "Krav på energihushållning vid ändring av byggnader", 9:91 Allmänt står följande: *"Ändring av byggnader får inte medföra att energieffektiviteten försämras, om det inte finns synnerliga skäl. Dock får energieffektiviteten försämras om byggnaden efter ändring ändå uppfyller kraven i avsnitt 9:2–9:6."*

Det är till och med möjligt att försämma byggnadens energieffektivitet om det finns synnerliga skäl. Det är alltså svårt att utvärdera denna del av föreskriftsförslaget. En möjlig form av energirenovering är installation av olika typer av värmepump i byggnader, t.ex. frånluftsvärmepump i byggnader med frånluftsventilation eller bergvärmepump. Detta leder till ett lägre primärenergital jämfört med om byggnaden fortfarande var fjärrvärmeuppvärmd. I kapitel 3.1.4 redovisas hur utsläpp av koldioxid påverkas av olika nivåer av penetration av frånluftsvärmepump i fjärrvärmeområde.

3.1.4 Analys av hur val av uppvärmningsform påverkar koldioxidutsläpp

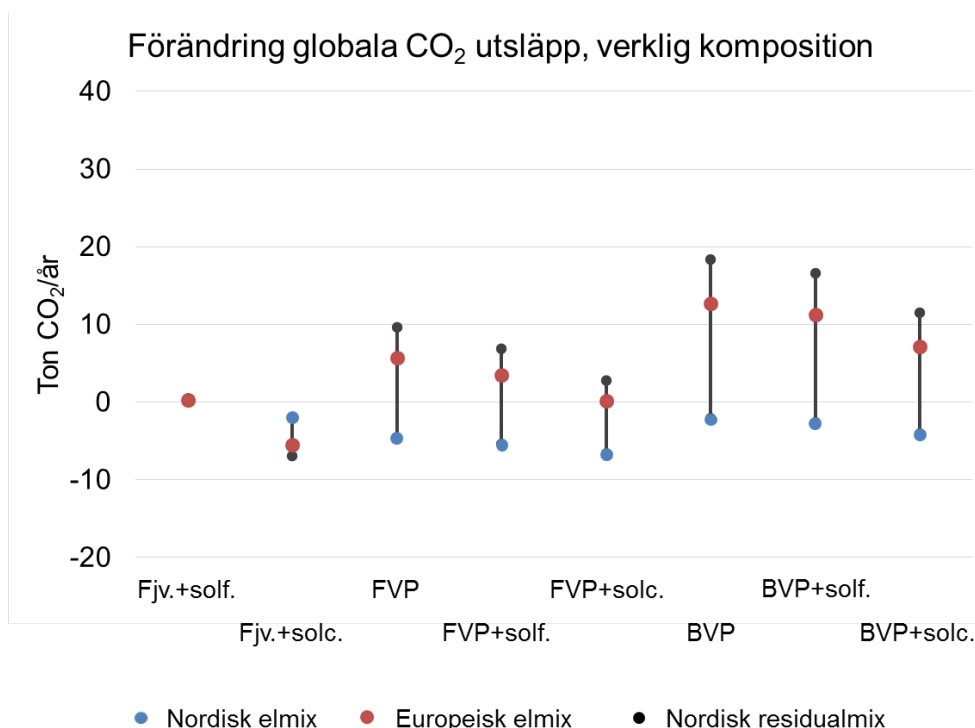
I delkapitel 3.1.2 har visats att Boverkets föreskriftsförslag riskerar att styra mot en värmepumpslösning kombinerat med solceller då det ger ett lågt primärenergital. I detta kapitel redovisas resultatet av hur olika uppvärmningssystem påverkar de årliga utsläppen av växthusgaser i form av koldioxidekvivalenter. Till skillnad mot 3.1.2 där solcellerna endast ersätter egenanvändning av el så tar vi i dessa simuleringar hänsyn till solcellernas totala elproduktion där överskottet exporteras och ersätter annan elproduktion. Vi har räknat på olika alternativ för denna elproduktion:

1. Nordisk el-mix (blåa punkter i figurerna nedan), 100 g/kWh
2. Europeisk elmix (orange), 280 g/kWh
3. Nordisk residualmix (svart), 344 g/kWh

I simuleringarna har fem olika uppvärmningssystem undersökts:

1. Fjärrvärme (Fjv) i kombination med solfångare (solf.)
2. Fjärrvärme (Fjv) i kombination med solceller (solc.)
3. Frånluftsvärmepump (FVP)
4. Frånluftsvärmepump (FVP) i kombination med solfångare
5. Frånluftsvärmepump (FVP) i kombination med solceller
6. Bergvärmepump (BVP)
7. Bergvärmepump (BVP) i kombination med solfångare
8. Bergvärmepump (BVP) i kombination med solceller

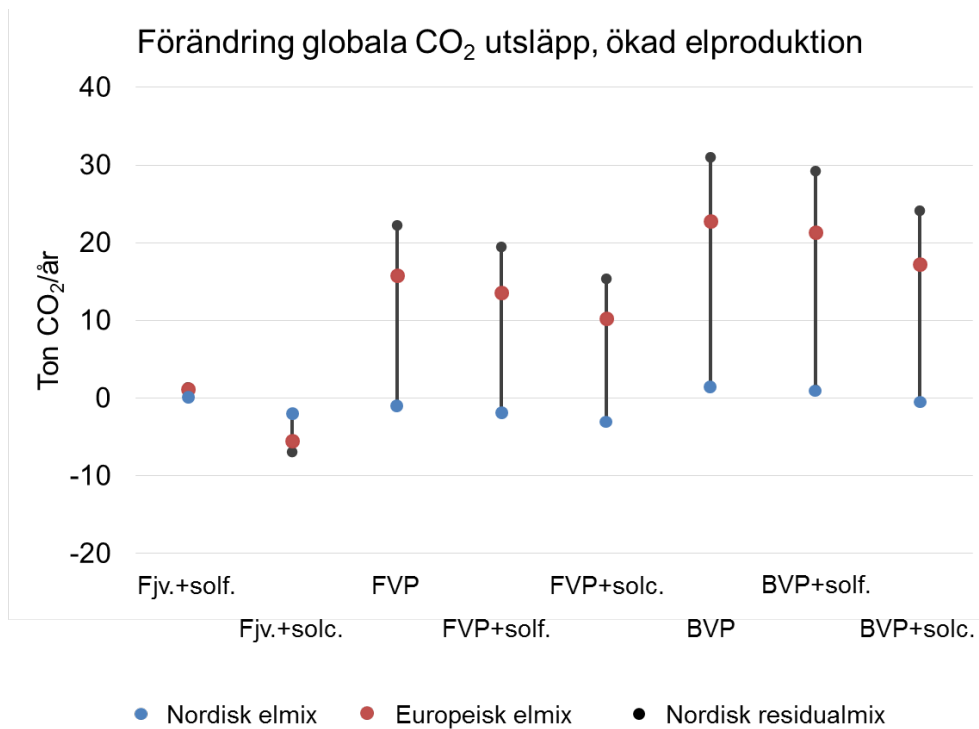
Förändringen i globala utsläpp av koldioxidekvivalenter när den verkliga kompositionen av produktionsenheter i fjärrvärmesystemet i Eskilstuna används, presenteras i figur 12.



Figur 12. Förändring av globala koldioxidutsläpp med verklig kompositionen av produktionsenheter i fjärrvärmesystemet i Eskilstuna.

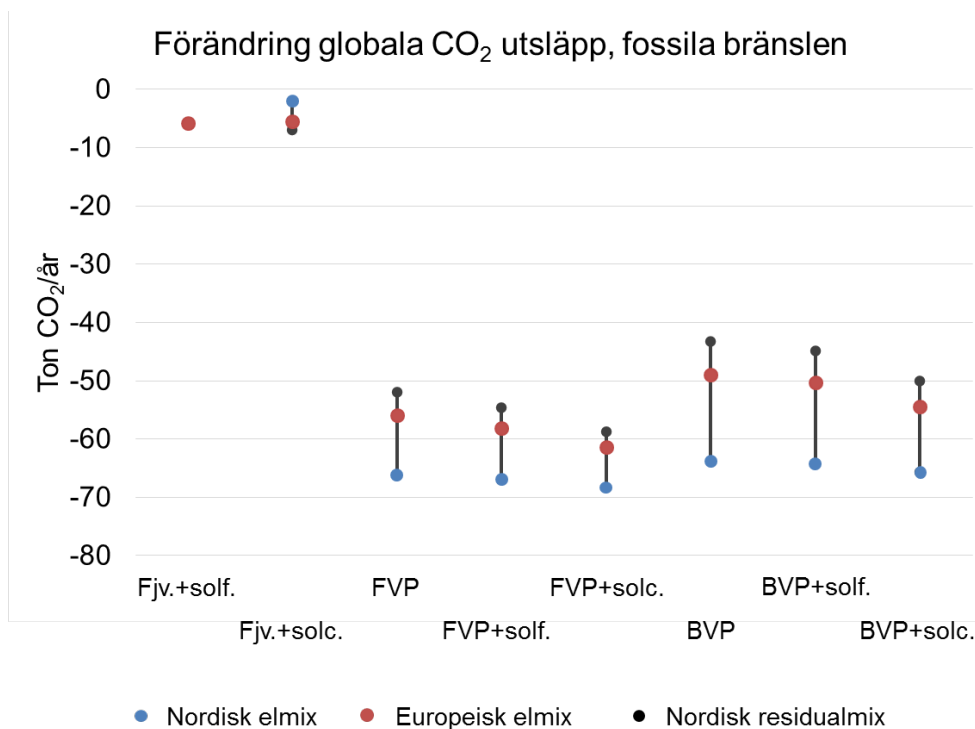
Figuren visar att koldioxidutsläppen från fjärrvärmesystem minskar när solceller installeras. Den minskar mera ju större andel fossila bränslen som används för elproduktionen. Observera att solcellernas elproduktion inte påverkar fjärrvärmeproduktionen utan sparar el i ett Nordiskt alt. Europeiskt elnät som inte har någonting med fjärrvärmesystemet i Eskilstuna att göra. För alternativen med värmepumpar så minskar utsläppen jämfört med fjärrvärme för måttliga utsläpp från använd el (Nordisk mix) medan de ökar för övriga alternativ.

I figur 13 och 14 visas hur utsläppen av koldioxid påverkas i ett fjärrvärmesystem liknande Eskilstunas men med andra bränsle- och produktionsmixar. I figur 13 presenteras förändringen av globala koldioxidutsläpp när en komposition av produktionsenheter med en hög andel elproduktion ingår i fjärrvärmesystemet och figur 14 visar det samma som figur 13 men med fossilbaserad el- och värmeproduktion.



Figur 13. Förändring av globala koldioxidutsläpp när en komposition av produktionsenheter med en hög andel elproduktion ingår i fjärrvärmesystemet.

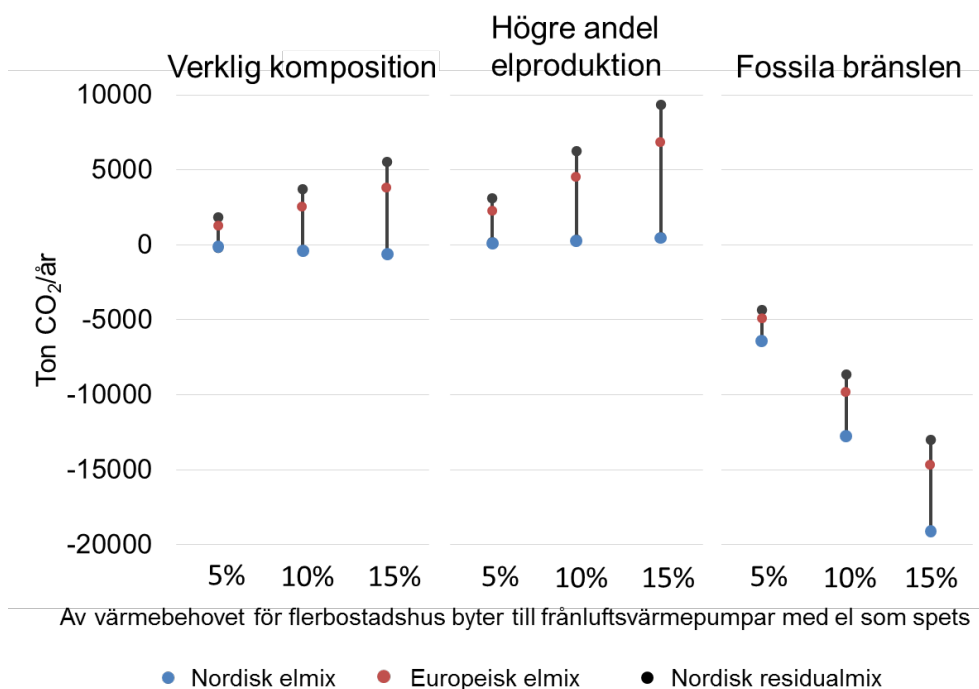
För alla fjärrvärmealternativ med biobränsle eller avfallseldad kraftvärme leder en installation av värmepump till en ökning av utsläpp av växthusgaser om man antar elproduktion från Europeisk mix eller Nordisk residualmix. Kombinationen fjärrvärme och solcellssystem ger en marginell minskning av växthusgasutsläpp.



Figur 14. Förändring av globala koldioxidutsläpp när en komposition av produktionsenheter med en hög andel av fossila bränslen ingår i fjärrvärmesystemet.

Om en hög andel fossila bränslen ingår i produktionen minskar alla el-baserade uppvärmningssystem utsläppen av koldioxid.

En möjlig åtgärd för att minska energianvändningen i miljonprogrammets byggnader med tegelfasader och frånluft är att installera frånluftsvärmepump. Detta riskerar att leda till en ökning av koldioxidutsläppen för alla fjärrvärmealternativ med biobränslebaserad el-generering och en minskning i ett fjärrvärmenät med fossilbränslebaserad el-generering. Detta presenteras i figur 15.



Figur 15. Förändring av globala koldioxidutsläpp vid energirenoivering med frånluftsvärmepump.

3.2 MILJÖVÄRDERINGSMETODER FÖR BYGGNADER

På den svenska marknaden, och även internationellt, utvecklas och används flertalet olika system för bedömning av byggnaders eller stadsdelars miljöprestanda. Vid Högskolan i Gävle pågår, och har pågått under lång tid, forskning om hur dessa system är konstruerade, hur bra de är på att mäta verkliga problem och hur de implementeras i plan- och byggprocesser. Forskare vid HiG har direkt initierat, drivit och medverkat till utvecklingen av två av dessa system; EcoEffect²⁰ och Miljöklassning av byggnader²¹ (som idag heter Miljöbyggnad). Forskningen har bedrivits i nära samarbete med KTH, Chalmers och flertalet branschaktörer och har resulterat i såväl rapporter²², vetenskapliga artiklar²³, examensarbeten²⁴ som licentiatavhandlingar²⁵ och doktorsavhandlingar²⁶.

²⁰ Glaumann M, Malmqvist T (2007) *Miljövärdering av bebyggelse – EcoEffect-metoden. Bakgrund och sammanfattande beskrivning*, Högskolan i Gävle, Byggnadskvalitet, KTH, Miljöstrategisk analys – fms, TRITA-INFRA-FMS 2007:12

²¹ Glaumann, M., Malmqvist, T., Svenfelt, Å., Carlson, P-O, Erlandsson, M., Andersson, J., Wintzell, H., Finnveden, G., Lindholm, T., Malmström, T-G. (2008) *Miljöklassning av byggnader – slutrapport april 2008*, Boverket, Bygga-bo-dialogen, ISBN 978-91-85751-98-3

²² Glaumann M, Assefa G, Kindembe B, Eriksson O (2009a) *Miljövärdering av Bebyggelse. Extern miljöpåverkan. Beskrivning av olika miljöpåverkanskategorier*, Högskolan i Gävle, Byggt miljö, KTH Bebyggelseanalys. FoU-rapport Nr 33. Utbildnings- och forskningskansliet. Högskolan i Gävle

Myhr U (2007). *Miljövärdering av utemiljöer – Metodbeskrivning för EcoEffect Ute*, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för stad och land, Landskapsarkitektur, rapport nr 2/2007

Jämförelser av olika miljöbedömningssystem är idag tämligen frekvent förekommande (ex. Jakubova & Millander, 2012; Wallhagen & Glaumann, 2011). Flertalet av dessa jämförelser jämför systemen som helhet utifrån olika aspekter. Jämförelserna är ofta svåra att genomföra och presentera då metoderna inte alltid är transparenta, använder olika typer av indelningar i underkategorier och tillämpar olika

-
- ²³ Assefa, G., Glaumann, M., Malmqvist, T. and Eriksson, O. (2010) *Quality versus impact: comparing the environmental efficiency of building properties using the EcoEffect tool*, Building and Environment 45 (2010) 1095–1103
- Assefa, G., Glaumann, M., Malmqvist, T., Kindembe, B., Hult, M., Myhr, U., Eriksson, O. (2007) *Environmental assessment of building properties – where natural and social sciences meet: The case of EcoEffect*, Building and Environment, Volume 42, Issue 3, March 2007, 1458-1464
- Eriksson, O., Glaumann, M. and Assefa, G (2005) *Life Cycle Impact Assessment – A damage-based Weighting Method for Environmental Impacts*, Presentation by Eriksson, O. at Sustainable Building 05, 29 September in Tokyo, Japan (in proceedings)
- Glaumann, M., Svenfelt, Å., Malmqvist, T., Finnveden, G. and Eriksson, O. (2009b) *Development of an environmental rating tool for buildings through a new kind of dialogue between stakeholders and researchers*, International Journal of Architectural Research, Volume 3 - Issue 1 -March 2009- (116-130)
- Wallhagen, M., Glaumann, M., Eriksson, O., Westerberg, U. (2013) *Framework for detailed comparison of building environmental assessment tools*, Buildings 2013, 3(1), 39-60
- Wallhagen, M., Glaumann, M. (2011) *Design consequences of differences in building assessment tools: a case study*, Building Research and Information 01/2011; 39(1):16-33
- ²⁴ Bennhult, L., Engren, K. (2015) *Bedömning av området energi - En jämförelse mellan Miljöbyggnad, Svanen, FEBY12 och PHI*, Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggnadsingenjör med inriktning mot arkitektur och miljö, Akademin för Teknik och Miljö, Avdelningen Bygg-, Energi- och Miljöteknik, Högskolan i Gävle
- ²⁵ Malmqvist, T. (2004) *Fastighetsförvaltning med miljöproblemen i fokus: om miljöstyrning och uppföljning av minskad miljöpåverkan i fastighetsförvaltande organisationer*, Licentiatavhandling, Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Stockholm (ISBN: 91-7323-074-X)
- Wallhagen, M. (2010) *Environmental Assessment of Buildings and the influence on architectural design*, Licentiate thesis, KTH, Stockholm (ISBN 978-91-7415-804-5)
- Kindembe, B. (2004) *Farliga ämnen i byggnader: en studie av några befintliga miljöstyrningsrutiner och ett förslag till en modell för en systematik miljöstyrningsstrategi i byggnadet*, Licentiatavhandling, KTH, Stockholm (ISBN 91-7323-093-6)
- Assefa, G. (2002) *Towards a systematic approach for technology assessment by combining material flow analysis, life cycle assessment and life cycle costing*, Licentiate thesis, KTH, Stockholm (ISBN 91-631-3448-9)
- ²⁶ Assefa, G. (2005) *On sustainability assessment of technical systems experience from systems analysis with the ORWARE and EcoEffect tools*, PhD thesis, KTH, Stockholm (ISBN 91-628-6708-3)
- Malmqvist, T. (2008) *Methodological aspects of environmental assessment of buildings*, PhD thesis, KTH (ISBN: 978-91-7415-183-1)
- Wallhagen, M. (2016) *Environmental Assessment Tools for Neighbourhoods and Buildings in relation to Environment, Architecture, and Architects*, PhD thesis, KTH, Stockholm (ISBN: 978-91-7729-123-7)
- Hult, M. (2002) *Värdering och säkring av inomhusmiljökvantiteter i byggnader: i program-, projekterings- och förvaltningsskede*, PhD thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg (ISBN 91-7291-172-7)

sätt att värdera och väga samman de olika delarna. Som en följd av det har ett förslag till generisk modell/mall/ramverk utvecklats vid HiG (Wallhagen et al, 2013) som söker hitta ett sätt att på ett systematiskt sätt göra dessa jämförelser.

I följande underkapitel redovisas fyra olika system/metoder; LEED, BREEAM SE, Miljöbyggnad och Green building vilka alla administreras genom SGBC. En sammanställning och analys av likheter och skillnader återfinns i diskussionskapitlet.

3.2.1 LEED 2009

Detta avsnitt bygger på "Leed 2009 for new construction and major renovations, USGBC approved November 2008 (updated October 2013)"

Systemets uppbyggnad

Baspoängen är totalt 100 inom basområdena och därutöver kan man erhålla 6 poäng för innovativ design och 4 poäng för "regional prioritering", d.v.s. något särskilt som man vill lyfta i det aktuella projektet, enligt Tabell 6. För att bli certifierad måste byggnaden/projektet erhålla 40-49 poäng. Ovanför grundnivån finns tre nivåer:

- Silver, 49-59 poäng
- Guld, 60-79 poäng
- Platina, ≥ 80 poäng

Tabell 6. Områden, indikatorer och poäng i LEED

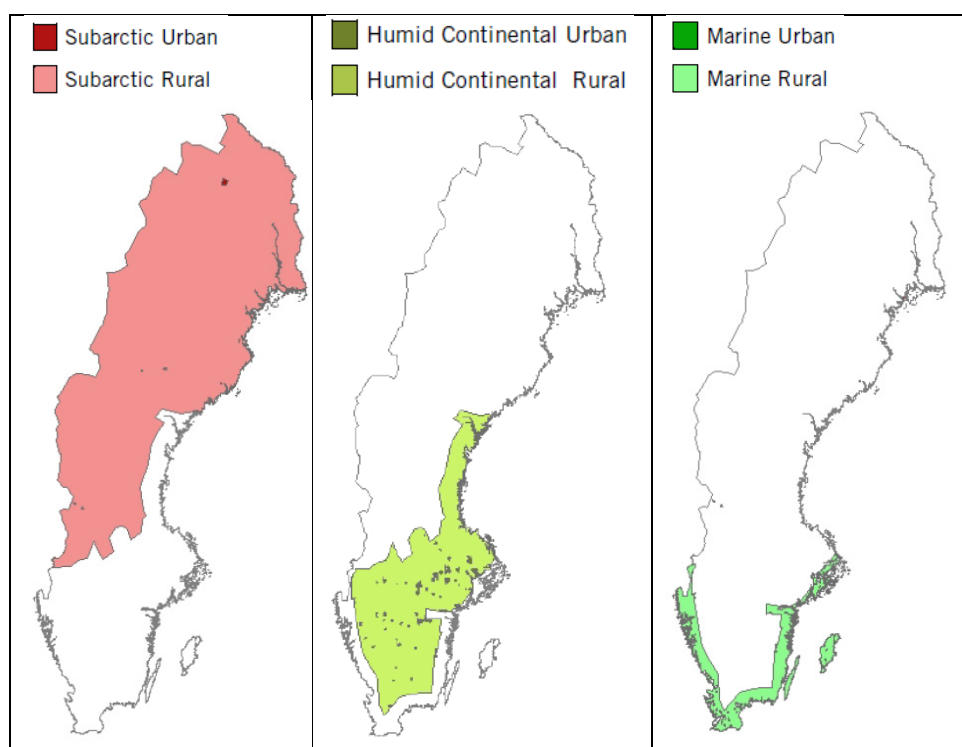
Område	Obligatoriska indikatorer	Maximal poäng
Sustainable sites	1	26
Water Efficiency	1	10
Energy and Atmosphere	3	35
Materials and Resources	1	14
Indoor Environmental Quality	2	15
Innovation in Design	0	6
Regional Priority	0	4

Den regionala prioriteringen baseras på LEED v.4 och fungerar som så att utifrån en bruttolista över olika miljöaspekter (t.ex. klimatpåverkan, hälsa och välbefinnande, vattenresurser, biodiversitet etc.) så har några av dessa valts ut för Sverige. För Sverige ha fem indikatorer valts ut:

- Utsläpp av växthusgaser från byggnadens energianvändning under drift
- Skydd av humanhälsa från direkt exponering av sådant som påverkar hälsan negativt
- Hållbar användning och hantering av ekosystemtjänster
- Minskning av negativ miljöpåverkan för byggnadsmaterial i ett livscykelperspektiv
- Förbättring av värdet av grönt byggande

I detta projekt ligger fokus på primärenergi och termodynamik men till viss del även klimatpåverkan, så en fördjupad utredning skulle gå vidare och studera hur klimatpåverkan från byggnadens energianvändning värderas.

Utöver detta har Sverige indelats i tre klimatzoner vilka i sin tur indelats efter befolkningstäthet, se Figur 16.



Figur 16. Klimatzons- och populationsindelning av Sverige (Leed)

Beroende på zontillhörighet, befolkningstäthet (urban eller rural population) och byggnadstyp sätts gränsvärden för ett urval (6 st) av indikatorer. Varje projekt kan för varje avklarat gränsvärde erhålla en regionalpoäng, dock inte mer än 4 av totalt 6 poäng. En av indikatorerna är "Energy and Atmosphere, credit 2" vilken motsvaras av credit 1 i LEED 2009 och beskrivs nedan där gränsvärdena varierar mellan 12-14 poäng beroende på var i landet man befinner sig.

Systemets energirelevans

Parametrar som rör energi hittar man under "Energy and Atmosphere" där de tre obligatoriska indikatorerna hanterar

- Grundläggande idrifttagande av byggnadens energisystem
- Lägsta energiprestanda
- Grundläggande hantering av köldmedier

I syfte att uppnå en lägstanivå på energiprestanda ska den nya byggnaden simuleras i ett energisimuleringsprogram, eller följa någon av de utpekade metoderna för "compliance path". I detta ingår naturligtvis att utforma byggnadsskalet så att det uppfyller grundläggande krav men det finns således inga specifika krav på bygg-

nadsskalet utöver det. Av betydelse för detta projekt har främst den sista punkten som ju berör värmepumpar.

Därutöver ingår sex indikatorer värda sammanlagt max 35 poäng och vi ska nu titta på de indikatorer som svarar mot utvärderingsparametrarna enligt ovan.

Energianvändning

"Energy and Atmosphere, credit 1"

1-19 points

Upp till 19 poäng kan erhållas i förhållande till hur mycket lägre energianvändning byggnaden har i förhållande till en referens. Det finns olika sätt att visa detta:

1. Energisimulering. Basnivån bestäms enligt Appendix G i ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2008 och erhållen poäng är beroende av om det är en ny byggnad (12-48 % bättre än basnivån) eller en renovering/ombyggnad (8-44 % bättre än basnivån).
2. Projektet ska följa riktlinjerna enligt ASHRAE Advanced Energy Design guide, dock kan blott 1 poäng erhållas.
3. Projektet ska följa riktlinjerna enligt "Advanced buildings Core performance Guide, dock kan maximalt 3 poäng erhållas.

Sweden Green Building Council har tagit fram en vägledning för hur ASHRAE Standard 90.1 kan tillämpas i en skandinavisk kontext (Treatment of Scandinavian District Energy Systems in LEED (v 1.0-2012)). Här anges hur man ska beräkna primärenergifaktorer och koldioxidekvivalenter för fjärrvärme med kraftvärme och fjärrkyla. I vägledningen anges primärenergifaktorer för olika bränslen som används i svensk fjärrvärme och man refererar dessa till Svensk Fjärrvärme, se Tabell 7.

Tabell 7. Primärenergifaktorer för fjärrvärmebränslen

Bränsle	PEF Svensk fjärrvärme
Naturgas	1.09
Förnybart	1.05
Avfallsbränsle och deponigas	0.03
Överskottsvärme	0.00
Elektricitet	1.9
Olja	1.11
Kol	1.15

När det gäller koldioxidekvivalenter används i de flesta fall emissionsfaktorer från Naturvårdsverket (förbränning) och Miljöfaktaboken för bränslen (uppströms). De exakta siffrorna redovisas inte nu och här, men i projektet planerar vi att analysera rekommenderade data för de olika miljöbedömningsmetoderna. Även verkningsgrader för hetvattenpannor och kondensanläggningar redovisas med hänvisning till Combined Heat and Power Directive 2004/8/EEC.

Genom att sammanväga PEF och CO₂ fås ett betyg (performance factor = prestandafaktor) i sju steg (A⁺=0.5, A=0.6, B=0.7, C=0.8, D=0.9, E=1.0 och F=1.2). Prestandafaktorer finns uträknade för flertalet olika värmealternativ där el och värme från fossila bränslen får höga faktorer och värme från avfall och restvärme får låga. Värme från en värmepump med COP=3 får 0.8 vilket kan jämföras med värme från avfall, naturgas och medelfjärrvärme. Värme från en värmepump med COP= 3.5

ger en prestandafaktor om 0.7 vilket kan jämföras med biobränsle. Över 300 svenska fjärrvärmenät har analyserats och tre fjärdedelar av dessa har en prestandafaktor om 0.7-0.8.

Egenproducerad energi

"Energy and Atmosphere, credit 2"

1-7 points

Det som premieras är lokal energitillförsel av förnybart ursprung räknat som andel av energikostnaden. Det är således inte ett relativmått baserat på kWh, PEF, CO₂ eller prestandafaktor utan på kostnad. Om 1 % av energikostnaden kan hänföras till lokalt förnybart så får man 1 poäng och med 13 % erhålls maximala 7 poäng. Exempel på förnybar tillförsel är sol, vind, geotermi, småskalig vattenkraft, biobränsle och biogas. Man nämner att möjligheten till nettodebitering bör utnyttjas. Det är oklart med vad som menas med "on site". Ska det vara på fastigheten, kan det vara andelar i vindkraft på annan ort eller kan man till och med få "grön fjärrvärme" inräknad?

Miljöpåverkan

"Energy and Atmosphere, credit 6"

2 points

Här vill man stimulera användningen av förnybar el från nätet. Fastighetsägaren förbinder sig att under minst 2 år få minst 35 % (baserat på energianvändning, ej kostnad) av byggnadens elbehov (förmodligen bara driftsel, inte brukarnas elanvändning) från förnybara källor (t.ex. sol, vind, geotermi, biobränsle, småskalig vattenkraft).

Livscykel

Som framgår av ovan så beaktas livscykeln för energianvändning från vagga till byggnad. För detaljer kring vad som ingår i livscykeln hänvisas till miljöfaktaboken för bränslen.

Indikator

I ASHRAE-standarden anges energiprestanda per ytenhet, d.v.s. kWh/m². Det är förmodligen byggnadens yta som avses och energin avser fastighetens drift.

Klimatskal

Inga specifika krav.

Förankring

Avseende ovan granskade indikatorer finns ingen koppling till bygglagstiftning eller liknande.

3.2.2 Breeam SE

Detta avsnitt bygger på "BREEAM SE, Svensk manual för nybyggnad och ombyggnad, version 1.0 (130501)"

Systemets uppbyggnad

BREEAM-SE bygger på BREEAM Europe Commercial från 2009 men har anpassats till svenska förhållanden (standarder, lagar, praxis). Den maximala poängsumman är 131 för alla tio områden. Systemet har ett eget upplägg för hur poäng summeras och viktas samman. I tabell 8 och 9 nedan visas vilka områden som ingår samt vilka slutbetyg som kan erhållas.

Tabell 8. Områden, poäng och viktning i BREEAM

Område	Maximal poäng	Viktning (%)
Ledning och styrning	17	12
Hälsa och inomhusmiljö	17	15
Energi	25	19
Transport	9	8
Vatten	9	6
Material	15	12.5
Avfall	7	7.5
Mark och ekologi	10	10
Föroreningar	12	10
Innovation	10	10

Tabell 9. Poäng och betyg i BREEAM

Betyg	% uppnådda poäng
PASS	≥ 30
GOOD	≥ 45
VERY GOOD	≥ 55
EXCELLENT	≥ 70
OUTSTANDING	≥ 85

Antalet poäng som kan uppnås beror av vilken byggnadstyp det är fråga om (handel, kontor och industri). Systemet är alltså inte designat för bostäder. Dessutom finns det minimikrav uppställda för de olika betygen för ett urval av indikatorer, se mer nedan.

Precis som i LEED-systemet kan extra poäng utdelas för byggnader som är miljömässigt innovativa och har hög miljöprestanda. Upp till 10 poäng kan tilldelas för innovation vilket ger 10 % högre totalpoäng. Av de tio indikatorerna är det endast en som behandlar energi, nämligen "Energiförsörjning med låga koldioxidutsläpp".

Systemets energirelevans

Inom varje område finns flera olika indikatorer och vi kommer nu att titta närmare på området Energi med tillhörande indikatorer:

- Ene 1 - Energianvändning, 13 p
- Ene 2 – Separat mätning av system med betydande energianvändning, 1 p
- Ene 3 – Separat energimätning av hyresgäster eller betydande energianvändare, 1 p
- Ene 4 – Utomhusbelysning, 1p
- Ene 5 – Energiförsörjning med låga koldioxidutsläpp, 3 p
- Ene 6 – Klimatskalets energiprestanda och lufttäthet, 1 p
- Ene 7 – Kylförvaring, 3 p (ej kontor)

- Ene 8 – Hissar, 2p
- Ene 9 – Rulltrappor och rullband, 1p (ej industri)
- Ene 10 – Inomhusbelysning, 2-4 p (4p för handel)

Observera att det teoretiskt går att få mer än 25 poäng, dock är 25 poäng maximalt antal poäng man kan tillgodoräkna sig för energiområdet. Minimikrav finns formulerade för tre av dessa indikatorer, se Tabell 10.

Tabell 10. Minimikrav enligt BREEAM

Indikator	PASS	GOOD	VERY GOOD	EXCELLENT	OUT- STANDING
Ene 1 – Energianvändning	-	-	-	5	9
Ene 2 - Delmätning av bety- dande energianvändning	-	-	1	1	1
Ene 5 - Energiförsörjning med låga koldioxidutsläpp	-	-	-	1	1

Energianvändning

Ene 1 – Energianvändning 13 p

Enligt manualen gäller följande krav:

1. Antal poäng baseras på procentuell förbättring av byggnadens beräknade energiprestanda (BEPI), i kWh/m² A_{temp} enligt BBRs definition, i förhållande till nuvarande energiregler (högsta tillåtna specifika energianvändning enligt gällande version av Boverkets byggregler (BBR)) (CSBEPI).
2. Energiprestanda (BEPI), det vill säga levererad energi till byggnaden, beräknas enligt Tolkning av bedömningskriterier. Beräkningen genomförs av en energispecialist som ansvarar för att indata är riktiga.
3. Antal poäng baseras på procentuell förbättring

För att erhålla maximala 13 poäng krävs 100 % förbättring i såväl ombyggnad som nyproduktion. Samma krav gäller för nybyggnad och ombyggnad ner till 10 poäng. Mellan 1-9 poäng varierar det något med startvärdet 1 % för nyproduktion och 0 % för ombyggnad. För kulturhistoriskt värdefulla byggnader kan ytterligare 2 poäng tilldelas givet vissa villkor.

Egenproducerad energi

Det finns ingen särskild indikator för detta. Beskrivning av eventuell egen energiproduktion ska lämnas för byggnader i projekteringsskedet. Vidare anges under Ene 1 ovan att "Elenergi från förnybara energikällor på området som levereras till elnätet kan inkluderas i resultatet från beräkningarna som om de används i byggnaden."

I tolkningsreglerna för Ene 5 (nedan) anges att "Årlig energiproduktion från LZC kan kopplas till den energi som används i byggnaden. Men årlig nettoexport av energi (totalt använd minus totalt producerad) av energi till nätet kan inte bli negativ." Det betyder att s.k. plusenergihus inte värderas fullt ut i detta system.

Miljöpåverkan

Ene 5 – Energiförsörjning med låga koldioxidutsläpp

3 p

Till att börja med avses här byggnadens energianvändning, inte processrelaterad verksamhet. Undantag gäller dock den sista innovationspoängen, se nedan. Som framgår av namnet är det endast utsläpp av fossil koldioxid som är intressant, till övriga utsläpp och resursanvändning tas i princip ingen hänsyn (det finns separata poäng för låg NO_x samt för köldmedier, rätt sort och förebyggande).

För denna indikator är kraven specificerade för varje enskild poäng. Den första poängen erhålls utifall en energispecialist har genomfört en förstudie för att hitta den bästa lokala LZC-källan för byggnaden/projektet på eller nära tomten. LZC-källa är inte förklarat men ska förmodligen förstås som "Low or Zero Carbon dioxide". Vidare ska en lokal LZC-teknik väljas från denna förstudie och genomföras under "concept design stage" (förprojektering?). Alternativt ska organisationen som använder byggnaden genom bindande avtal med energileverantör garantera leverans av el under minst 3 år från en 100 % förnybar energikälla. För att få ytterligare en poäng krävs att den första poängen är uppnådd, att den installerade LZC-tekniken minskar de årliga CO₂-utsläppen med 10 % med hjälp av ett erkänt energiberäkningsprogram. Den tredje poängen lyder lika som den andra poängen med skillnaden att reduktionskravet höjts till 15 %.

Som angivits ovan kan även innovationspoäng utdelas för denna indikator. I princip bygger innovationspoängen vidare från baspoängen. En innovationspoäng erhålls då första poängen är uppnådd och de årliga CO₂-utsläppen minskas med 50 % enligt erkänt energiberäkningsprogram. Två innovationspoäng lyder som ovan men då 100 % reduktion uppnås. Tre innovationspoäng ges till den byggnad som minskar CO₂-utsläppen med 100 % vad avser all energi till byggnaden, det vill säga både byggnad/fastighet och verksamhet/brukare.

Manualen räknar upp godkända LZC-tekniker:

- Solfångare
- Solceller
- Småskalig vattenkraft
- Tidvattenkraft
- Vågkraft
- Vindkraftverk
- Bränsleceller
- Kaminer/spisar för biobränsle i rum
- Värmepannor biobränsle
- Närvärme baserad på biobränsle
- Kraftvärme från biomassa
- Kraftvärme från avloppsgas och andra biogaser
- Värmepumpar (berg-, vatten, geotermiska, luft-)

Vidare anges att "För att värmepumpar ska uppfylla kriterierna ska värmekällan (mark eller vatten) vara förnybar till exempel mark, utomhusluft, grund- eller sjö-vatten." Värmepumpar som utnyttjar restvärme från exempelvis spill/avloppsvatten, industriell restvärme eller frånluft är alltså inte självklara, men enligt tolkningsguiden bör de betraktas som "lågkoldioxid" och det är upp till assessorn att bedöma om kriterierna trots allt är uppfyllda. Intressant är inga krav ställs på el från förnybar källa för drift av värmepumpen. All el som används i byggnaden anta vara Nordisk elmix.

Vidare ställs en del följdkrav på avfallsförbränning och biobränsle där första generationens biobränslen (t.ex. socker, utsäde, spannmål och animaliska fetter) inte

accepteras. För fjärrvärme gäller genomsnittligt CO₂-utsläpp från lokal fjärrvärme utifrån rullande treårigt genomsnitt. Det finns ytterligare några intressanta anmärkningar i tolkningsreglerna med bäring på innevarande projekt:

”Om CO₂-utsläppen i ett lokalt fjärrvärmesystem kan visas vara lika med eller bättre än en värmepump ansluten till nordisk elmix och med COP på 2.5, betraktas fjärrvärmens som ”lågkoldioxid” och kan därmed bidra till att minska CO₂-utsläppen i denna indikator”

”Om CO₂-utsläppen för lokal fjärrkyla kan visas vara lika med eller bättre än en kylmaskin ansluten till nordisk elmix och med COP på 4.0 betraktas fjärrvärmens som ”lågkoldioxid” och kan därmed bidra till beräkning av minskning av CO₂-utsläpp i denna indikator”

Livscykel

För energianvändning gäller köpt energi och för egenproducerad energi gäller levererad energi. För miljöpåverkan ska emellertid LZC-förstudien beakta livscykelkostnader eller livscykelpåverkan från möjliga tekniker vad avser koldioxidutsläpp

Indikator

Energianvändning följer BBR med kWh/m² A_{temp}. Utsläpp av koldioxid beräknas i g/kWh.

Klimatskal

Ene 6 – Klimatskalets energiprestanda och lufttätethet 1p

Här är det möjligt att erhålla en poäng, dock ingår det ej i minimistandarden. För att erhålla poängen krävs att ett antal designåtgärder vars syfte är att minska energiförlusterna är utförda samt att termografering och prestandamätning av lufttätetheten är utförd i den färdiga byggnaden och uppfyller kravet om högst 0,4 l/s, omslutande area.

Förankring

Systemet har en tydlig koppling till Boverkets byggregler, BBR.

3.2.3 Miljöbyggnad

Detta avsnitt bygger på:

Miljöbyggnad certifierad Sverige, Metodik för nyproducerade och befintliga byggnader, Manual 2.1, utgåva 120101

Miljöbyggnad certifierad Sverige, Bedömningskriterier för nyproducerade byggnader, Manual 2.1, utgåva 120101

Miljöbyggnad certifierad Sverige, Bedömningskriterier för befintliga byggnader, Manual 2.1, utgåva 120101

Systemets uppbyggnad

Miljöbyggnad bygger på det förslag till miljöklassningssystem som föreslogs 2009 av två parallella och samarbetande forskningsprojekt med stöd av Formas-BIC och branschföreträdare utifrån idéer framtagna inom ByggaBo-dialogen. Systemet förvaltades vidare av intresseföreningen Miljöklassad byggnad och sedan 2011 ägs och förvaltas systemet av Sweden Green Building Council varvid namnet ändrades till Miljöbyggnad. Hittills gjorda förändringar är uppdateringar med rättningar,

tolkningar, förtydliganden och anpassningar medan större ändringar avseende antal indikatorer och klassningsgränser inte genomförts.

Systemet är utvecklat för nyproducerade byggnader, befintliga byggnader och ombyggnader. I detta innefattas småhus, flerbostadshus och lokaler. Det finns numera fyra olika uppsättningar av bedömningskriterier; för nyproducerade byggnader, för befintliga byggnader och dito för handelsbyggnader. Några av utgångspunkterna vid konstruktion av systemet var enkelhet, koppling till befintliga lagkrav som energideklarationer, OVK m.m., utnyttjande av befintlig dokumentation i byggprojekt. Detta lever kvar än i dagens regelverk.

Systemet består av tre områden: energi, inomhusmiljö och material. Inom varje område finns flertalet aspekter vilka i sin tur beskrivs och mäts i sammanlagt sexton olika indikatorer, se tabell 11.

Tabell 11. Uppbyggnad av Miljöbyggnad

Nr	Indikator	Aspekt	Område
1	Energianvändning	Energianvändning	Energi
2	Värmeeffektbehov	Effektbehov	
3	Solvärmelast		
4	Energislag	Energislag	
5	Ljudmiljö	Ljudmiljö	Innemiljö
6	Radon	Luftkvalitet	
7	Ventilationsstandard		
8	Kvävedioxid		
9	Fuktsäkerhet	Fukt	
10	Termiskt klimat vinter	Termiskt klimat	
11	Termiskt klimat sommar		
12	Dagsljus	Dagsljus	
13	Legionella	Legionella	
14	Dokumentation av byggvaror	Dokumentation av byggvaror	Material
15	Utfasning av farliga ämnen	Utfasning av farliga ämnen	
16	Sanering av farliga ämnen	Sanering av farliga ämnen	

De flesta indikatorerna bedöms på byggnadsnivå, men ett fåtal (3, 5, 10-12) bedöms på rumsnivå.

Varje indikator har kriterier för fyra olika betygsnivåer; KLASSAD, BRONS, SILVER och GULD. Den lägsta nivån innebär att indikatorn inte uppfyller miljöbyggnads grundkrav medan BRONS i princip motsvarar samhällets förväntningar i termer av myndighetskrav och branschregler. SILVER visar på en ökad ambitionsnivå medan GULD är det mest hållbara alternativet som ska kunna nås icke utan ansträngning.

Betygsaggregeringen är raffinerad då den inte möjliggör att byggnader med brister kan få bra betyg. Det är omöjligt att få en hel byggnad klassad som GULD om någon av indikatorerna är klassad BRONS eller sämre, d.v.s. en svag indikator kan inte kompenseras med högt betyg för en annan indikator. Aggregeringen går till så att först erhålls betyg för varje indikator. I fallet med indikatorer på rumsnivå så finns det en metodik för att växla in det på indikatornivå. För de indikatorer som

utgör en aspekt så bestämmer det sämsta indikatorbetyget aspektbetyget, se figur 17.

Indikatorer		Aspekter
Radonhalt	SILVER	Luftkvalitet
Ventilationsstandard	SILVER	
Kvävedioxid	GULD	

Figur 17. Från indikatorbetyg till aspektbetyg

På nästa nivå blir det lite knepigare då framförallt inomhusmiljöområdet består av många olika aspekter. Här gäller att sämsta aspektbetyget bestämmer områdesbetyg. Men om minst hälften av övriga aspektbetyg är högre så får områdesbetyget höjas ett steg. Detta gör det lite lättare att nå högre betyg, se figur 18.

Indikatorer		Aspekter		Områden	
Radonhalt	SILVER	Luftkvalitet	SILVER	Innemi	SILVER
Ventilationsstandard	SILVER				
Kvävedioxid	GULD				
Fuktsäkerhet	BRONS	Fukt	BRONS		
Termiskt klimat vinter	GULD	Termiskt klimat	GULD		
Termiskt klimat sommar	GULD				
Dagsljus	SILVER	Dagsljus	SILVER		
Legionella	GULD	Legionella	GULD		

Figur 18. Från aspektbetyg till områdesbetyg

Vid sammanvägning från områden till byggnad gäller den tidigare principen om att sämsta betyget styr.

Systemets energirelevans

Det är alltså fyra av totalt sexton indikatorer som behandlar energiaspekter, d.v.s. 25 % av betygen. Emellertid utgör energi 33 % av bedömningen på byggnadsnivå. Givet de grundprinciper som gäller för betyg så bör det vara lika lätt eller svårt att nå ett visst betyg inom energiområdet som inom något annat område. Det krävs dock oftast en större arbetsinsats för inomhusmiljöområdet givet antalet indikatorer, 9 st., och kravet på enkäter för högre betyg.

I denna genomgång har vi tittat närmare på energiindikatorerna och bedömningskriterierna för nya och befintliga byggnader.

Energianvändning

Systemet har en indikator som heter just "Energianvändning". Som mått används köpt energi. Ingen viktning görs med avseende på vilken eller vilka energibärare som används.

Egenproducerad energi

Den indikator som närmast beskriver detta är "Solvärmelast" som ger ett mått på indirekt passiv solvärme via fönster. Den anföras som en energiindikator, vilken motiveras med att om solvärmestillskottet begränsas under den varma årstiden så "minskar behovet av komfortkyla eller olägenheten med övertemperatur", men kan lika gärna räknas som ett alternativt mått på termiskt klimat sommar (solvärme-faktor). Då produktion av egen el och värme reducerar behovet av köpt energi ingår detta implicit i indikatorn "Energianvändning".

Miljöpåverkan

Miljöpåverkan från energianvändningen fångas i indikatorn "Energislag". Det som värderas är förnybarhet, utsläpp och avfall. Olika bränslen och tekniker är indelade i olika miljö kategorier enligt följande:

I Miljökategori 1 ingår

- Solenergi, d.v.s. värme från solfångare och el från solceller.
- El från vind- och vattenkraft.
- Industriell spillvärme som saknar försäljningsvärde och som annars skulle gå förlorad.

I Miljökategori 2 ingår

- Energi som härrör från biobränsle i värme- och kraftvärmeverk.
- Miljöprövad biobränslepanna.

I Miljökategori 3 ingår

- Icke miljögodkända pannor.

I Miljökategori 4 ingår

- Energi som varken är förnybar eller flödande, t ex naturgas, olja, kol, torv, kärnkraft (uran) etc.

Betygskriterierna är formulerade som olika procentsatser av årlig total energianvändning inom de olika kategorierna.

Livscykel

Endast byggnadens driftsfas ingår.

Indikator

Energianvändning följer BBR med energiprestanda uttryckt som köpt energi i kWh/m² A_{temp} där uppvärmningen är normalårskorrigerad.

Värmeeffektbehovet bestäms som W/m² A_{temp} vid DVUT. Detta bestäms antingen genom en beräkning som utförs i verktyg på Miljöbyggnads webbplats eller med s.k. effektsignatur som är en kurva med uppmätt energianvändning för uppvärmning vid olika utetemperaturer.

Solvärmelasten beräknas med en förenklad metod som utgår från att maximal solstrålning mot en vertikal yta är ungefär 800 W/m². Byggnadsspecifika indata är arean för fönsterglas och golvarean för rummet. Bedömning sker endast i rum med fönster som vetter mot öster, söder eller väster. Simuleringsprogram kan också användas.

Indikatorn för energislag förutsätter information om energins ursprung vilken i de flesta fall kan erhållas från energileverantören. Bedömningen kan bli komplicerad beroende på vilka bränslen som finns i fjärrvärmesystemet. Mer om denna indikator går att läsa i diskussionskapitlet.

Klimatskal

Denna aspekt fångas med hjälp av indikatorn "Värmeeffektbehov". I förhållande till A_{temp} bestäms de totala värmeförlusterna via transmission, luftläckage och ventilation. För beräkningar finns ett verktyg på miljöbyggnads webbplats.

Förankring

Systemet är utvecklat av och ägs av branschen genom SGBC och har fått stort genomslag och acceptans. De revideringar som gjorts har också de förankrats med olika intressegrupper inom bygg- och fastighetsbranschen. Den senaste revideringen till version 3.0 har emellertid genomförts högst skyndsamt med vissa restriktioner vilket medfört begränsade möjligheter att genomföra större förändringar. Dessutom har utformningen av indikator 4 Energislag inte vunnit acceptans i både energi- och fastighetsbranschen.

3.2.4 Green Building

Detta avsnitt bygger på "EU GreenBuilding, bedömning av nyproducerad byggnad, 2012-09-25 version 2"

Systemets uppbyggnad

Green Building är mer av en märkning än ett komplett miljöbedömningssystem. Den enda fråga som hanteras är låg energianvändning och den enda byggnadstypen som omfattas är nya lokalbyggnader. Lokalbyggnader kan dock innehålla bostäder upp till 49 % av A_{temp} och ändå certifieras.

Systemets energirelevans

Systemet bygger på sju grundkrav:

1. Energianvändningen ska vara 25 % lägre än energikraven i BBR
2. Ovanstående intygas genom en beskrivning och redovisning av en energiberäkning
3. Energiledningssystem är implementerat
4. Plan för årlig återrapportering av energianvändningen
5. Skriftligt åtagande från sökande företags ledning
6. Kontaktperson för Greenbuilding hos sökande företag med ansvar enligt vad som beskrivs i bedömningsgrunden
7. Till ansökan bifogas "EU GreenBuilding's Application Tool" där gulmarkerade fält är ifyllda

Energianvändning

Som anges ovan är detta det enda kravet med 25 % förbättring mot den vid bygglovet gällande BBR.

Egenproducerad energi

Inga krav.

Miljöpåverkan

Inga krav.

Livscykel

Inga krav.

Indikator

Samma som i BBR, d.v.s. kWh/m² A_{temp}.

Klimatskal

Inga krav.

Förankring

Enligt bedömningsgrunden gäller att "GreenBuilding-kravet utgår från den version av BBR som huset projekteras efter, d.v.s. som fastställs i samband med bygglövet".

3.3 KRITISK GRANSKNING AV POLICYDOKUMENT

Denna resultatdel består av texter som är både beskrivande, d.v.s. återger vad som står i förslaget till direktiv, och kommenterande. Vi har valt att lägga kommentarerna här och inte i diskussionen då den mer fokuserar på direktivens betydelse i stort utan att uppehålla sig vid detaljer. Författarnas kommentarer är noggrant utmärkta.

3.3.1 Energy Performance of Buildings Directive – EPBD

Direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda är en omarbetad version av originaldirektivet som utgavs i december 2002. Direktivet infördes med avsikt att styra nya byggnader mot en högre energieffektivitet och i förlängningen minska bygg- och fastighetssektorns utsläpp av växthusgaser. Följande går att läsa i direktivets första del där dess införande motiveras:

*"Tillsammans med en ökad användning av energi från förnybara energikällor kommer åtgärderna till förmån för en minskad energianvändning inom unionen att ge unionen möjlighet såväl att uppfylla Kyotoprotokollet till För-
enta nationernas ramkonvention om klimatförändringar (UNFCCC) som att infria dels sitt långsiktiga åtagande om att den globala uppvärmningen ska hållas på en lägre nivå än 2 °C, dels åtagandet att fram till 2020 minska de sammanlagda utsläppen av växthusgaser med minst 20 % jämfört med 1990 års nivåer och med 30 % om en internationell överenskommelse ingås."*

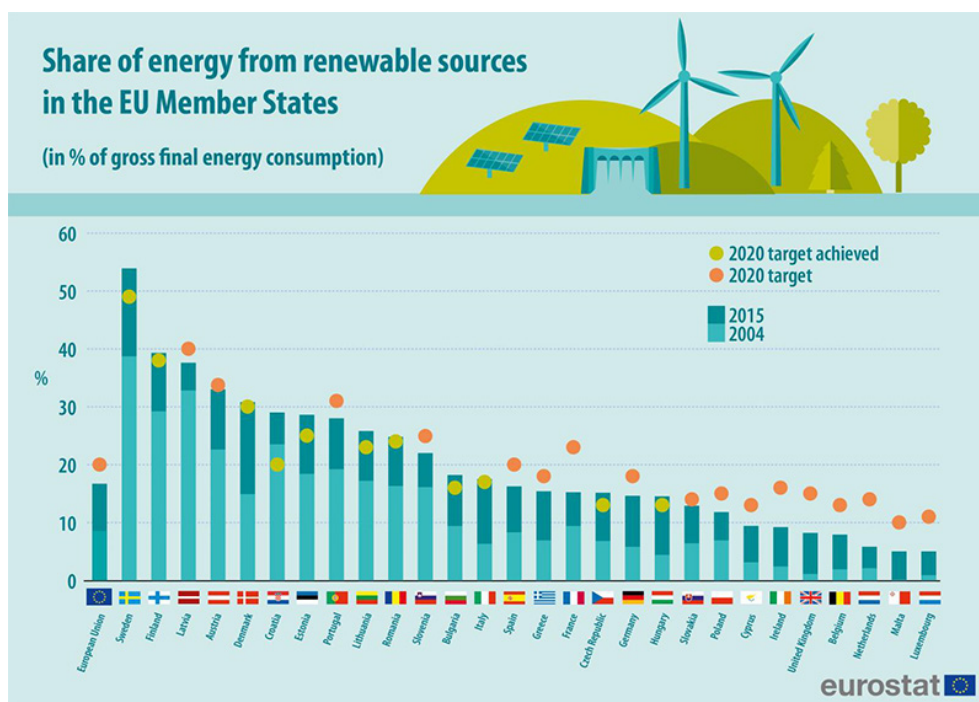
Kommentar: EU kommissionen ser alltså direktivet som en viktig del i arbetet mot minskade utsläpp av växthusgaser. I ett europeiskt perspektiv är direktivet logiskt med tanke på att energianvändningen för uppvärmning och kyla, i EU-28, till stor del baseras på fossila bränslen, mer än 80 %, men i ett svenskt perspektiv där energianvändningen till uppvärmning och kyla till närmare 70 % baseras på förnyelsebara bränslen²⁷ och där en majoritet av värmebehovet täcks av fjärrvärme finns risken att direktivet slår fel. Speciellt i städer med kraftvärmebaserad fjärrvärme. Resultaten i kapitel 3 indikerar att de mest energieffektiva alternativen, baserat på den svenska nära-nollenergibyggnadsdefinitionen, inte är de alternativ som leder till en reduktion av växthusgasutsläpp utan tvärtom leder till en ökning av dessa.

²⁷ EU Energy in figures. Statistical pocketbook 2016

3.3.2 Renewable Energy Sources Directive – RESD

Granskningen har inskränkts till huvuddokumentet²⁸. Det finns även ett tillhörande annex på över 100 sidor med detaljerade tekniska specifikation över energi-innehåll, CO₂-utsläpp med mera för olika energibärare men detta har inte ingått i granskningen.

Rent generellt har direktivet enligt vår bedömning inte lika tydlig koppling till detta projekts mål som de övriga direktiven. Inledningsvis görs kopplingar mellan krav på förnybarhet och uppfyllande av klimatmål, vilket naturligtvis äger sin riktighet. Nuvarande 2020-mål stipulerar att 20 % av energianvändningen år 2020 ska komma från förnybara källor. Det anges att utvecklingen inom området varit stark under senare år med en ökning från 10,4 % år 2007 till 17 % år 2015, se figur 19.



Figur 19. Andel förnybar energi i EUs medlemsländer

När det gäller mål för 2030 har det satts till 27 % men med nuvarande ökningstakt förväntas nivån endast nå upp till 24,3 %. Man är också orolig för att skillnaderna mellan medlemsländerna, vilket illustreras väl av figur 15, ska öka över tid. Det verkar också oklart om hur målen för 2030 ska formuleras, det kan bli endast på EU-nivå utan översättning till nationella mål som gjordes för 2020-målen. Förslaget till direktiv bygger på målet om 27 % och är specificerat för elektricitet, värme och kyla samt för transportsektorn.

Investeringstakten i förnybar energi avtar. Under 2015 investerades 48,8 MUSD vilket är 60 % lägre än nivån för 2011. Räknar man på hur stor andel av energiinvesteringarna som görs i förnybar energi så har andelen sjunkit från närmare 50 %

²⁸ European Commission (2016) proposal for a directive of the European parliament and of the council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast), COM(2016) 767 final

under 2010 till mindre än en femtedel under 2015. Kommentar: "Till stor del torde dessa siffror ha sin förklaring i hur investeringar i sol, vind och vatten förhåller sig till investeringar i främst kärnkraft och de stora svängningarna beror förmodligen på vad Tyskland har gjort under sin Energiewende."

En fråga som framträder på flera ställen är den varierande synen i Europa på biomassa som förnybar energiresurs. Man pekar på motsättningen i att både bekämpa klimatförändringar och samtidigt begränsa förlusterna av biologisk mångfald. Man skriver att det behövs ett harmoniserat hållbarhetsramverk i EU för biobränslen i kraftvärmeproduktion som stöder utvecklingen av en gemensam marknad för biomassa och biobränslen. Kommentar: "Ett sådant ramverk kan dock visa sig bli ineffektivt. Hållbarhetskriterier för biomassa som enbart riktar sig till en bransch kan komma att generera ett hållbarhetsläckage där användningen av biomassan kommer att styras till de branscher som inte omfattas (exempelvis trä-, hus-, plast- och kemiindustrin). Man måste också se till markanvändningens olika natur i de olika länderna. Kommissionens förslag i RED2 med utgångspunkter i Forest Europé, nationell skogsvårdslagstiftning och ett riskbaserat angreppssätt är relevant både ur ett lagstiftningsperspektiv, konkurrensperspektiv och ett CO₂-perspektiv."

Energisektorn (värme och kyla) lyfts särskilt då sektorn svarar för närmare 50 % av energianvändningen och 75 % av den kommer från fossila bränslen. En fragmenterad marknad innebär ett problem för kunder att göra medvetna val och det finns mycket att göra för att öka omställningstakten. Särskilda insatser behövs.

Direktivet betonar att det måste ges goda möjligheter för enskilda konsumenter att själva producera förnybar energi. Man ser gärna att konsumenter ges möjligheten att frikoppla sig från existerande system för värme och kyla (fjärrvärme och fjärrkyla) för att därigenom öka omställningstakten, skapa lokala synergier och skapa positiv både social och miljömässig utveckling. Vidare ser man gärna en utveckling där privatpersoner investerar i solceller och lagrar förnybar el. Kommentar: "Vårt att kommentera med bäring på målen för detta projekt är att man från EU-nivå utgår från att fjärrvärme principiellt är sämre än den egenproduktion som uppstår. Det är långt ifrån självklart att så är fallet i hela EU. Regelverket och därtill hörande styrmedel borde styra mot ökad resurseffektivitet och lägre utsläpp. Antingen åstadkoms det genom förbättrad miljöprestanda för existerande system för värme och kyla eller genom frikoppling."

Fjärrvärme och fjärrkyla svarar för runt 10 % av energitillförseln i EU och ses som en möjliggörare för högre andel förnybart i energimixen. Det finns orealiserade potentialer för större värmepumpar i fjärrvärmenäten och mer än 25 % av befolkningen bor i områden lämpade för geotermi. Dessutom är fjärrvärmenät en förutsättning för effektiva avfallskraftvärmeverk. På många håll är dock dessa marknader små med en låg reinvesteringstakt och har stagnerat. Kommentar: "Vi noterar således att i denna del så beskrivs fjärrvärme och fjärrkyla i en betydligt mer positiv anda än ovan."

3.3.3 Energy Efficiency Directive - EED

När man vanligen talar om energieffektivitet menas en låg energianvändning i förhållande till den nytta som åstadkoms. Det kan vara kWh/m² eller kWh/SEK omsatt, MJ/liter, MJ/tonkm eller något annat. Det är också utifrån den utgångspunkten som direktivet har granskats.

Direktivet²⁹ inleds med att den energi som inte används är den billigaste, den renaste och den mest säkra energin. Målet i unionen är att öka energieffektiviteten med 20 % till 2020 (räknat från basåret 2007) och med åtminstone 27 % till 2030 som dock ska revideras 2020 där minst 30 % och parlamentets idé om bindande mål om 40 % ska vara vägledande. I direktivet pekas särskilt byggnader ut som viktiga för att nå målet då bygg- och fastighetssektorn svarar för 40 % av slutlig energianvändning. För att nå målen indikeras att energibranschen (producenter och distributörer) behöver öka energibesparingarna med 1,5 % årligen. Ofta görs det genom att åtgärder görs hemma hos de enskilda konsumenterna, så därför föreslår man obligatorisk individuell fjärrmätning av värmeanvändning som ett sätt att motivera slutkunderna att energieffektivisera. Kravet på mätning ska förutom gas även inkludera uppvärmning och kylning av byggnader och varmvatten. Frågan förhandlas men kan leda till att det inte längre blir möjligt att, som idag är brukligt, låta uppvärmning ingå i hyran med en schablon per kvadratmeter. Kommentar: "Det är alltså samma omställning som gjordes i elbranschen för 20 år sedan."

När det gäller målet för 2030 anges att användningen av primärenergi totalt inte får överstiga 1321 Mtoe och 987 Mtoe slutligt använd energi. Det ger en PEF om 1,3. Jämfört med 2005 är det en reduktion av primärenergianvändning om 23 % och för slutligt använd energi är siffran 17 %.

En central formulering i direktivet är att "Energy efficiency targets are linked to climate targets". Kommentar: "Det är en formulering som stämmer bra sett till EU som helhet, men som naturligtvis stämmer olika bra för olika medlemsländer. I medlemsländer med en hög andel förnybart för uppvärmning och elektricitet (dit hör Sverige) så kommer en ökad energieffektivisering inte ge samma utväxling i form av minskade utsläpp av växthusgaser. I Sverige är det egentligen bara i transportsektorn som denna formulering har något värde. När det gäller användningen av el och värme så har det att göra med vilken typ av annan el/värme-produktion som undviks. Det är här värt att notera att i rådande läge är det överskott på elproduktion i det nordiska kraftsystemet."

Förslaget innehåller också en konsekvensanalys ("impact assessment") där koppling åter igen görs mellan energieffektivisering och minskade koldioxidutsläpp. En annan skrivning (sid 12) visar också den på hur intentionerna med direktivet korrelerar dåligt med den svenska situationen: "Energy generated on or in buildings from renewable energy technologies reduces the supplied fossil energy". Kommentar: "Möjligen kan det finnas visst fog för påståendet om den tillförda energin även reducerar effektbehovet vid kritiska tidpunkter men det är ju långt ifrån säkert att det alltid är så."

²⁹ European Commission (2016) Proposal for a directive of the European parliament and of the council amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency, COM(2016) 761 final

På sidan 10 återfinns följande formulering: "Improving energy efficiency will benefit the environment, reduce green gas emissions, improve energy security by reducing dependence on energy imports from outside the Union, cut energy costs for households and companies, help alleviate energy poverty and lead to increased jobs and economy-wide economic activity." Kommentar: "Ingenstans står det uttryckligen att ökad energieffektivitet bidrar till att reducera användningen av naturresurser! Kanske tänker sig kommissionen att det ryms under "benefit the environment" men i en sådan skrivning borde även "reduce green gas emissions" rymmas så resonemanget hänger inte riktigt ihop."

En annan fråga som kan ha betydelse är till vilka företag som direktivet riktar sig mot. När det gäller små och medelstora företag (SMEs) så har de inte någon skyldighet att göra en energikartläggning vart fjärde år varför medlemsstaterna nu uppmanas att införa stödsystem (support schemes) för kostnadstäckning av energikartläggningar.

Vidare ska den primärenergifaktor som används default (i Annex IV) numera ta hänsyn till tekniska framsteg, men det framgår inte av direktivet vad det betyder i praktiken. På sid. 13 återfinns en passus vad som gäller för beräkning av PEF för elektricitet. För det första ska alla beräkningar baseras på årsmedelvärden. När det gäller el och värme från kärnkraft ska "Physical energy content accounting method" användas och för biomassa och fossila bränslen ska "Technical conversion efficiency method" användas. För förnybar energi som inte baseras på förbränning (läs sol, vind och vatten) så ska "Total primary energy approach" användas. I direktivet anges även de omvandlingsfaktorer (=verkningsgrader) som ska användas i beräkningarna av PEF. För sol/vind/vatten används 100 %, för geotermi 10 % och för kärnkraft 33 %. Primärenergifaktorer under 1 är inte tillåtna.

Beräkningarna ska vara baserade på ett bokföringsperspektiv och inte utifrån marginaldata. Kommentar: "Här uppstår ett problem då EU vill mäta historisk utveckling (vilket är entydigt med ett bokföringsperspektiv) men när det införs i nationell bygglagstiftning så kommer kraven att användas i en beslutssituation där det är brukligt med ett marginalperspektiv."

3.3.4 Beräkning av primärenergifaktor för europeisk el

EU-kommissionen har i sitt Energieffektiviseringsdirektiv målsättningen att EU:s primära energianvändning 2020 skall minska med 20 procent i förhållande till 2007. Eftersom målsättningen är formulerad i termer av primär energi får de antagna värdena av primärenergifaktorer för de olika energiresurserna vid omvandling till el stor betydelse. Mot denna bakgrund har beräkningar av primärenergifaktorn för Europeisk el gjort med fyra olika metoderna.

Värdet av den primära energiresursen definieras som värmevärdet hos energibäraren eller dess förmåga att omvandlas till värme. Detta innebär att energikvaliteten eller exergivärdet hos resursen inte bedöms. Tabell 12 visar resultaten av denna definition.

Tabell 12. Resurser med det primära energi-innehållet 100 kWh

Energiresurs	Massa	Värmevärde	Elverkningsgrad	Elvärde
H ₂	2,5kg	100kWh	0,5	50kWh

Energiresurs	Massa	Värmevärde	Elverkningsgrad	Elvärde
CH ₄	6,5kg	100kWh	0,5	50kWh
C	11kg	100kWh	0,4	40kWh
Vattenkraft, fallhöjd 367m	100 000kg	100kWh	1,0	100kWh
Värme, $\Delta T=86K$, vatten	1000kg	100kWh	0,10	10kWh

Värmevärdet för ett bränsle ges av dess entalpi ΔH . Förlustfri förbränning av 2,5 kg av väte, 6,5 kg av metan eller 11 kg kol kommer alla att leverera 100 kWh värme. 100 m³ vatten i ett vattenkraftverk med en fallhöjd av 367 meter genererar 100 kWh el som kan omvandlas till 100 kWh värme. 1000 kg vatten som kyls 86°C ger 100 kWh värme. Alla dessa anses som identiska energiresurser. I tabellen anges också typiska verkningsgrader för omvandling till el. Denna beräkning visar att dessa resurser har helt olika elvärden. Den allmänt använda metoden för att uppskatta använd primärenergi tar ingen hänsyn till energibärarens kvalitet. Energibärare av hög kvalitet kan omvandlas till elektrisk energi med hög verkningsgrad.

Esser och Sensfuss har skrivit en rapport till EU³⁰ för att uppskatta primärenergifaktorn för Europeisk el. Denna rapport har utgjort underlag till EU-direktivet daterat 30 November 2016 där det föreslås att primärenergifaktorn för el i medlemsstaterna $PEF_{el}=2$. I rapporten har fyra olika metoder för beräkning av primärenergifaktorn använts. Metoderna har följande gemensamt.

- Primärenergien för ett bränsle ges av bränslets värmevärde
- Primärenergien för kärnkraft bestäms av turbinens värmeinnehåll
- Primärenergien för vatten-, vind- och solkraft är elektrisk energi, $PEF=1$ eller $PEF\sim 0,05$. Det innebär att förluster hos vattenkraftverk, vindkraftverk eller solceller inte påverkar primärenergianvändningen
- De använder allokeringmetoder för att fördela bränsleanvändningen mellan el och värme för kraftvärme.

Tabell 13 sammanfattar de antaganden om primärenergifaktorer och verkningsgrad vid omvandling till el som gjorts i de fyra olika metoderna.

³⁰ 2016, Evaluation of primary energy factor calculation options for electricity, Specific Contract EN-ER/C3/2013-484/02/FV2014-558 under the Multiple Framework Service Contract ENER/C3/2013-484, ISE Fraunhofer, e7, tecnia, Trinomics.

Tabell 13. Antagna värde för primärenergifaktorer och elverkningsgrad för de olika metoderna

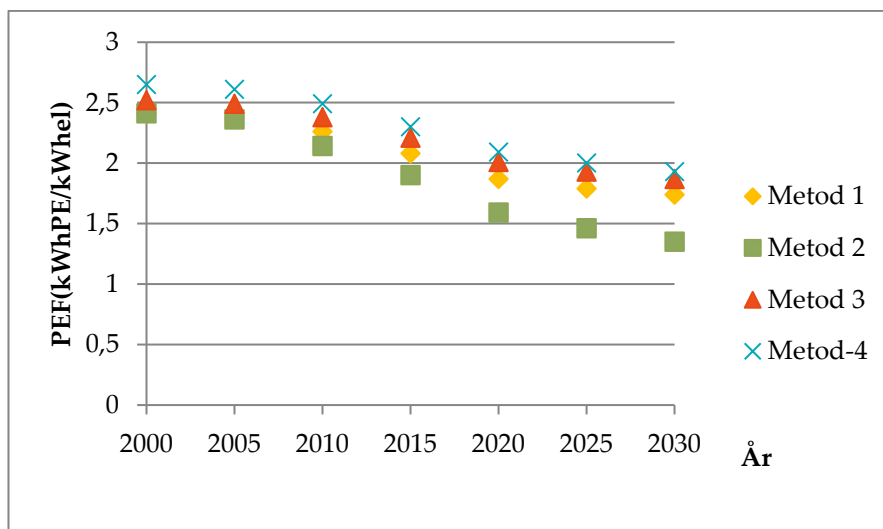
	Metod 1	Metod 2	Metod 3	Metod 4	Verk. elprod.
Vatten/Vind/Sol	1	0,05	1	1	100 %
Geotermisk	1	0,1	1	1	10 %
Biobränsle & spill	1	0,15	1	1	Verklig
Kärnkraft	1	1	1	1	33 %
Fossila bränslen	1	1,1	1	1,1	Verklig
Kraftvärme	IEA-metod	Finsk metod	Finsk metod	Finsk metod	
PEF år 2020	1,87	1,59	2,01	2,09	
PEF år 2025	1,79	1,46	1,93	2,00	

De antagna primärenergifaktorerna för förnybar el, geotermisk värme, bio- och spillbränsle, kärnkraft och spill för metoderna 1, 3 och 4 har värdet 1. Metod 2 antar mycket låga värden för förnybar energi. Metoderna 2 och 4 gör en livscykelanalys för användning av fossila bränslen, vilket innebär att $PEF_{fossilt}=1,1$ kWh fossil energi per kWh el. Två olika allokeringmetoder används för att fördela bränsleanvändningen mellan el och värme för kraftvärme. IEA-metoden för kraftvärme resulterar i $PEF_{el}=1,43$ kWh bränsle/kWh el och $PEF_{värme}=1,43$ kWh bränsle/kWh värme. Den finska metoden resulterar i $PEF_{el}=2,31$ och $PEF_{värme}=1,03$. Slutsatsen är att den finska metoden ger en rimligare fördelning av primärenergianvändningen mellan genererad el och värme.

Resultatet av beräkningarna av PEF för elektrisk energi i EU:s medlemsstater visas i tabell 14 och figur 20.

Tabell 14. Beräkningar av PEF för el i EU:s medlemsstater för metoderna i tabell 2

Metod	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Metod 1	2,41	2,37	2,26	2,08	1,87	1,79	1,74
Metod 2	2,41	2,36	2,14	1,9	1,59	1,46	1,35
Metod 3	2,52	2,49	2,38	2,21	2,01	1,93	1,87
Metod4	2,65	2,61	2,49	2,3	2,09	2	1,93



Figur 20. Beräknade värden för PEF för el i EU:s medlemsstater enligt metoderna i Tabell 2

Figuren visar att primärenergifaktorn för Europeisk el sjunker kontinuerligt med tiden. Det förklaras av att fossila bränslen som omvandlas till el med relativt låg verkningsgrad, $PEF=2,34$, ersätts av förnybar el som omvandlas till el utan förluster, $PEF=1$.

Det är relativt små skillnader mellan metoderna 1,3 och 4. Metod 2 får betydligt lägre primärenergifaktor, eftersom den antar mycket låga faktorer för förnybar energi.

Resultatet av analysen är att i ett diskussionsdokument daterat 19 maj 2016 rekommenderar EU-kommisionen att metod 4 skall användas vid beräkning av primärenergifaktorn för Europeisk el. Vidare har EU-kommissionen i ett direktiv 30 November 2016 föreslagit att primärenergifaktorn för el i medlemsstaterna är 2,0 kWh primärenergi per kWh genererad el. Medlemsstaterna får använda ett andra värden om det kan motiveras. En detaljerad analys av det rekommenderade alternativet 4 genomförs för att demonstrera hur beräkningsmetoden används.

Metod 4 definieras genom följande antaganden:

- Primärenergien för ett fossilt bränsle ges av bränslets värmevärde
- Primärenergien för ett förnybart bränsle ges av turbinens värmeinnehåll
- Primärenergien för kärnkraft bestäms av turbinens värmeinnehåll
- Primärenergien för vatten-, vind- och solkraft är elektrisk energi, $PEF=1$.
- Livscykelanalys skall användas för att bestämma förlusterna vid omvandling av fossil energi.
- Kraftvärmeallokeringen sker enligt den finska metoden.

Resultatet av beräkningarna presenteras i Tabell 15.

Tabell 15. Beräkning av primärenergi enligt metod 4 för Europas elproduktion 2015 i TWh/år

Energibärare	Elgenerering (TWh)	Verkningsgrad	Primärenergi- faktor	Primärenergi (TWh)
*Kärnenergi	887	0,33	1	2689
**Förnybara	859	1,0	1	859
Geotermisk	7	0,10	1	73
Fossil	1646	0,428	1,1	4230
Biobränsle& Avfall	152	0,271	1	562
Totalt	3551 (TWh/år)			8413(TWh/år)
***Kraftvärme- korrigering				-1084
Netto				7329(TWh/år)
Elanvändning				3187
Primärenergifaktor				2.30
Andel förnybar energi	859/3551=0,24			859/7329=0,11

*Beräkningsexempel för kärnkraft på rad1: $(887/0,33)*1=2689$ TWh värme.

** Beräkningsexempel för förnybar på rad2: $(859/1)*1=859$ TWh förnybar el

**2106 TWh bränsle används för kraftvärme varav 1084 TWh allokeras till värme.

Använd el från olika primära energibärare visas i kolumn två. Totalt tillförs årligen 3551 TWh el inom EU:s medlemsländer. Verkningsgrad för omvandling från respektive primärenergikälla visas i kolumn tre och antagna primärenergifaktorer finns i kolumn fyra. Endast för fossila bränslen överstiger primärenergifaktorn värdet ett. Under tabellen illustreras hur beräkningen av primärenergianvändningen utförs. Använd el divideras med antagen elverkningsgrad och multipliceras med primärenergifaktorn. Det innebär att för vatten-, vind- och sol el blir den primära energin identisk med tillförd el. En korrigering görs för det bränsle som antas användas för värmeproduktion i kraftvärmeprocessen. Totalt har 2106 TWh bränsle använts för kraftvärme, varav 1084 TWh hänförs till produktion av värme. Det innebär att den totala årliga primärenergianvändningen för produktion av Europeisk el summeras till 7329 TWh. Primärenergifaktorn för Europeisk el under 2015 ges av: $PEF = 7329 / 3187 = 2,30$ kWh primär energi per kWh använd el.

3.3.5 Alternativ beräkning av primärenergifaktor för europeisk el

Beräkningsmetoden som använts i Tabell 15 är den allmänt accepterade metoden för att beräkna primärenergifaktorer för el. Tabell 13 visar de alternativa metoderna som använt i underlags rapporten till EU-kommissionen. Metod 2 avviker kraftigt eftersom den antar att förnybar energi inte använder någon primär energi.

Den allmänt accepterade metoden som demonstreras i Tabell 15 har en viktig principiell svaghet. I kolumn fyra summeras använd kärnenergi, förnybar el, geotermisk värme, fossil energi och biobränsle utan att hänsyn tas till att de har helt olika energiformer. Det innebär att 1 kWh kärnenergi, 1 kWh vattenkraftel, 1 kWh vindkraftel, 1 kWh solkraftel, 1 kWh värme av låg temperatur och 1 kWh biobränsle betraktas som likvärdiga resurser! Men kolumn 4 visar att dessa energibärare kan omvandlas till elektrisk energi med helt olika verkningsgrader. Dessa visar att 3 kWh kärnenergi, 1 kWh förnybar el, 10 kWh geotermisk värme, 2,34 kWh fossil energi 2,69 kWh biobränsle utgör likvärdiga energiresurser. De kan alla omvandlas till 1 kWh elektrisk energi.

I tabell 16 visas en alternativ metod för att beräkna den totala primärenergifaktorn för en eltillförsel som har sitt ursprung i primärenergikällor av olika energikvalitet.

Tabell 16. Alternativ metod för beräkning av primärenergi för Europas elproduktion 2015 i TWh/år

Energibärare	Elgenerering (TWh)	Verkningsgrad	Primärenergi (TWh)	Fossil ekv.	Ekv. fossil energi (TWh)
Kärnenergi	887	0,33	2689	0,77*	2070
Förnybara	859	1,0	859	2,34	2010
Geotermisk	7	0,10	73	0,24	18
Fossil	1646	0,428	4230	1,0	4230
Biobränsle & Avfall	152	0,271	562	0,633	356
Totalt (TWh/år)	3551		8413		8684
Kraftvärme-korrigerig			-1084		-1084
Netto (TWh/år)			7329		7600
Elanvändning			3187		3187
Primärenergifaktor			2.30		<u>2,38</u>
Andel förnybar energi	859/3551=		859/7329=		2070/7600=
	0,24		0,11		0,26

*Fossilekvivalent för Kärnenergi=0,33/0,428=0,77kWh.

**Fossilekvivalent för förnybar el=1/0,428=0,77kWh.

Den nya kolumnen 5 visar "Fossil ekvivalent". Denna har enheten kWh_{fossil} per kWh_{energibärare}. Den beräknas som kvoten mellan verkningsgraden för aktuell energibärare och verkningsgraden för fossil energi(0,428). Därefter beräknas i den sista kolumnen ekvivalent mängd fossil energi som kan omvandlas lika mycket el. Det innebär att 2070 TWh fossilt bränsle kan omvandlas till lika mycket el som 2689 TWh kärnenergi. Kolumnen visar vidare att den totala årliga primärenergianvändningen motsvarar 8684TWh fossil energi. Efter kraftvärmekorrigerig summeras den totala årliga användningen av primär energi till 7600 TWh fossil energi. Primärenergifaktorn för Europeisk el ges av: PEF=7600/3187=2,38 kWh ekvivalent primär fossil energi per kWh använd el. Den förnybara andelen i primärenergifaktorn motsvarar 2070 TWh fossil energi vilket motsvarar 26 procent.

Den alternativa ekvivalentmetoden och den gängse metoden ger nästan överensstämmande värden på primärenergifaktorn för Europeisk el för 2015. Men den nya metoden som baseras på den primära energins förmåga att omvandlas till elektrisk energi innebär att primärenergifaktorn blir okänslig för förändringar av primära energikällor. Om det antas att allt kärnbränsle ersätts av förnybar el kommer den gängse metoden att ge ett betydligt lägre värde på primärenergifaktorn för Europeisk el medan primärenergifaktorn beräknad enligt den nya metoden inte påverkas. Den visar att kärnenergi ersätts av förnybar el, men att en lika stor energiresurs har förbrukats. Den nya alternativmetoden bör därför kompletteras med att andelen förnybar energi anges.

Tabell 17 visar hur primärenergifaktorerna för den gamla och den alternativa metoden påverkas om all kärnkraft ersätts med förnybar el. PEF för den gamla metoden sjunker från 2,30 till 1,73 medan PEF för den alternativa metoden inte förändras.

Tabell 17. Jämförelse mellan EU-metod och alternativ metod då kärnkraften ersätts av fossila bränslen

Energibärare	Elgenerering (TWh)	Verk- ningsgrad	Primärenergi (TWh)	Fossil ekv.	Ekv. fossil energi (TWh)
Kärnenergi	0	0,33	0	0,77*	0
Förnybara	859+887	1,0	1746	2,34	4086
Geotermisk	7	0,10	73	0,24	18
Fossil	1646	0,428	4230	1,0	4230
Biobränsle & Avfall	152	0,271	562	0,633	356
Totalt	3551		6611		8684
	(TWh/år)		(TWh/år)		
Kraftvärmekorrigerings			-1084		-1084
Netto			5527		7600
			(TWh/år)		
Elanvändning			3187		3187
Primärenergifaktor			1,73		<u>2,38</u>
Andel förnybar energi	1746/3551=		1746/5527=		2070/7600=
	0,49		0,32		0,47

3.3.6 Boverkets förslag till föreskrifter om nära-noll-energi-byggnader

Boverkets förslag har reviderats och är fortfarande baserat på köpt energi men har kompletterats med primärenergifaktorer, en för el och en för övrigt. Primärenergifaktorn för el blir 1,6 när föreskrifterna införs och kommer sedan ändras till 2,5 i början av 2021. Primärenergifaktorn för övrigt köpt energi kommer sättas till 1. Primärenergifaktorn för el baseras på EUs framtagna faktor vilket förslås ändras till 2.0.

Utformningen av föreskriftsförslaget ger kombinationen värmepump och solcellssystem relativt stora fördelar med avseende på byggnadens primärenergital. Detta beror på att el från solcellssystemet som används direkt i byggnaden inte räknas in i primärenergitalet i kombination med primärenergitalet. Ju högre primärenergital desto högre besparing från varje kWh solel. När primärenergifaktorn 2.5 införs så kommer varje kWh solel som används i byggnaden minska mängden primärenergi med 2.5 kWh. Föreskrifterna är i sin nuvarande utformning ej teknikneutrala.

Hur föreskrifterna hanterar solel är dock ej helt klarlagd. I tilläggsföreskriften Boverkets föreskrifter om byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår³¹ står följande:

"Byggnadens energianvändning ska reduceras med energi från sol, vind, mark, luft eller vatten som alstras på byggnaden eller tomten och som används till byggnadens uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsenergi."

Detta följs av ett allmänt råd:

"För energi till tappvarmvatten ska ett standardiserat värde användas i energiberäkningen enligt 6 och 7 §§. Det standardiserade värdet får reduceras

³¹ Boverket, 2017, Boverkets föreskrifter om ändring i verkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår.

med energi från sol, vind, mark, luft eller vatten i den omfattning energin tillgodogörs för produktion av tappvarmvatten i byggnaden. Det standardiserade värdet får dock inte reduceras om sådan energi redan beaktas i årsverkningsgraden för produktion av tappvarmvatten. Exempel på ett sådant fall är vid användning av värmepump då energi från mark, luft eller vatten beaktas i årsverkningsgraden."

Varken föreskriftstexten eller det allmänna rådet ger några tydliga riktlinjer om hur solelen skall hanteras. Soleltillskottet som reducerar köpt energi i en byggnad varierar beroende på vilken tidsupplösning som används i beräkningarna. Tillskottet ökar ju högre tidsupplösning som används, till exempel dygnsupplösning ger större tillskott än timupplösning osv. Denna osäkerhet i kombination med förslaget att byggnadens energianvändning ej behöver följas upp med uppmätta värden riskerar att leda till byggnader som i praktiken är mindre energieffektiva än ställda krav och leder, långsiktigt, till svårigheter att veta hur energieffektivt det svenska byggnadsbeståndet verkligen är.

4 Diskussion

Nedan diskuteras resultaten från simuleringar kortfattat liksom policy-implikationer av att röra sig från EU-nivå till nationell nivå och frivilliga certifieringssystem. Huvuddelen av diskussionen för olika aspekter på värdering av energiresurser som tidsaspekter, systemgränser, generaliserbarhet, teknikneutralitet och certifieringssystemens förmåga att fånga relevanta energiaspekter. Avslutningsvis görs en syntes.

4.1 BYGGNADS- OCH ENERGISYSTEMSIMULERINGAR

Boverkets föreslagna nära nollenergibyggnadsdefinition förstärker möjligheten att bygga systemkombinationer med bergvärmepump och solcellssystem som ger lågt primärenergital. Redan relativt små storlekar på solenergisystem bidrar till en betydande minskning av primärenergitalet för alla systemkombinationer.

En fjärrvärmeuppvärmd byggnads primärenergital påverkas marginellt av installationen av ett solcellssystem.

Solvärmesystem påverkar primärenergitalet mindre för den eluppvärmda byggnaden än ett solcellssystem. För den fjärrvärmeuppvärmda byggnaden är förhållandena omvända. I en fjärrvärmeuppvärmd byggnad är det bättre, ur ett primärenergital-perspektiv, att installera ett solvärmesystem.

Ingen av solenergialternativen minskar maxeffektbehovet.

Föreskriftsförslaget styr mot el-baserade uppvärmningssystem i kombination med solenergisystem, speciellt för nybyggnation. Eftersom inga skallkrav finns i föreskriftsförslaget gällande renovering blir inte byggreglerna direkt styrande i detta fall.

Installation av el-baserade uppvärmningssystem (frånluftsvärmepump och bergvärmepump) i fjärrvärmenät med biobränslekraftvärmeverk som baslast leder till en nettoökning av koldioxidutsläppen om elen antas produceras med Europeisk mix eller Nordisk residualmix, men en sänkning av utsläppen om man antar Nordisk elproduktionsmix. Boverkets föreskriftsförslag riskerar (beroende på vilka antaganden som görs) att styra mot uppvärmningssystem med lågt behov av köpt energi och lågt primärenergital, men som kan öka utsläppen av koldioxid. Detta strider mot intentionerna i EUs energiprestandadirektiv vilket ses som en viktig del i arbetet mot minskningar av unionens utsläpp av koldioxid.

Om man utgår från Nordisk mix för elproduktionen så ger alternativen frånluftsvärmepump med solceller lägst utsläpp av CO₂. Om man utgår från Nordisk residualmix ger alternativet fjärrvärme kompletterat med solceller de lägsta utsläppen. Dessa två alternativ är likvärdiga då båda ger ungefär samma utsläppsminskning.

Om analyserna av CO₂-utsläpp istället skulle använda marginalperspektiv för både fjärrvärme och el skulle det kunna resultera i andra slutsatser, men det är svårt att bestämma marginalfjärrvärme för olika fjärrvärmesystem.

Föreskriftsförslaget ger ej teknikneutrala byggregler med avseende på energihushållning vilket är svårt när fokus ligger på köpt energi kompletterar med en primärenergifaktor. El-baserade värmepumplösningar har lättare att klara energikraven så länge värmefaktorn är högre än primärenergifaktorn.

4.2 ANALYS AV MILJÖCERTIFIERINGSSYSTEM FÖR BYGGNADER

På nästa sida redovisas en sammanställning över de granskade miljöcertifieringssystemen, Tabell 18.

Tabell 18. Sammanställning över utvärderingsparametrar för olika certifieringsmetoders energirelevans

	LEED 2009	BREEAM	Miljöbyggnad	Green building
Energianvändning	Energy and Atmosphere, credit 1, 19 p	Ene 1 – Energianvändning, 13 p	Energianvändning (köpt energi)	75 % BBR
Egenproducerad energi	Energy and Atmosphere, credit 2, 7 p	Värderas ej specifikt	Solvärmelast	Inga krav
Miljöpåverkan	Energy and Atmosphere, credit 6, 2 p	Ene 5 – Energiförsörjning med låga koldioxidutsläpp, 3 p	Energislag	Inga krav
Livscykel	Vagga till byggnad	Energianvändning – köpt energi Egenproducerad energi – levererad energi	Driftsfas	Inga krav
Indikator	kWh/m ²	Energianvändning: kWh/m ² A _{temp} Koldioxidutsläpp: g/kWh	Energianvändning: kWh/m ² A _{temp} Värmeeffektbehov: W/m ² A _{temp} vid DVUT Solvärmelast: W/m ² Energislag: miljö kategorier	kWh/m ² A _{temp}
Klimatskal	Inga krav	Ene 6 – Klimatskalets energiprestanda och lufttäthet, 1p	Värmeeffektbehov	Inga krav
Förankring	Ingen	BBR	SGBC+branschen	BBR

Man kan konstatera att de flesta system inte viktar olika energibärare utan utgår endast från köpt energi. När det gäller egenproducerad energi så är det bara LEED som på ett tydligt sätt lyfter och värderar sådana åtgärder. Men då egenproducerad energi minskar behovet av köpt energi så premieras sådana åtgärder indirekt i alla system. Alla system utom green building översätter energianvändning till miljöpåverkan, om än på olika sätt och med olika betydelse. I fråga om systemgränser (livscykelperspektiv) är det åter igen endast Leed som ställer sådana krav, i övrigt gäller köpt energi. Alla system använder samma indikator (kWh/m²), till det kommer koldioxidutsläpp för Breeam och för miljöbyggnad ytterligare tre mått. Leed och green building saknar särkrav på klimatskalet medan både Breeam och miljöbyggnad ställer sådana krav, dock på lite olika sätt och med varierande betydelse för slutresultatet. Miljöbyggnad är det system som har starkast förankring i bygg- och fastighetsbranschen, medan green building och Breeam endast vilar mot BBR. Leed saknar helt förankring i svensk lagstiftning.

Om vi ska våga oss på en värdering av vilket system som är mest ändamålsenligt (det vill säga har ambitionen att täcka olika aspekter av energianvändningen) så faller valet på miljöbyggnad. Det är utarbetat efter svenska förhållanden och har indikatorer som fångar de mest relevanta aspekterna av energianvändning. För att få högt betyg ställs krav på både klimatskal, energianvändning och miljöprestanda. Den kritik som möjligen kan riktas är att mäta en byggnads energiprestanda utifrån köpt energi och att det finns en del svårigheter i hur indikatorn för energislag är utformad. Av just denna anledning följer ett kapitel som särskilt granskar indikator 4 Energislag.

4.2.1 Kritisk granskning av energiresursvärdering i miljöbyggnad

Rent generellt ingår inte total miljöprestanda för köpt energi i miljöbyggnad. Den indikator som kommer närmast att beskriva miljöpåverkan är energislag. De fyra miljökategorierna för indikator 4 Energislag i miljöbyggnad ska dels spegla en resursaspekt genom att göra skillnad mellan flödande resurser eller lagerresurser. Dessutom ingår en utsläppsaspekt som i beskrivningarna är sagt att vara utsläpp till luft och avfall, men i princip är det ett entydigt fokus på CO₂ då t.ex. flödande energi (sol, vind och vatten) har nära-noll-utsläpp, biomassa har låga utsläpp, icke miljögodkänt är snäppet sämre medan fossila bränslen klassas sämst.

De olika miljökategorierna kommenteras här mer i detalj. När det gäller miljökategori 1 så får industriell restvärme en bra klassning, oavsett om restvärmen kommer från användning av fossila bränslen som t.ex. ett stålverk eller biomassa som t.ex. ett pappersbruk. Det är dessutom ofta svårt att bevisa att restvärme i ett fjärrvärmesystem är den typ av spillvärme som föreskrivs enligt manualen för miljöbyggnad, då det alltid är förenat med viss kostnad att ansluta och drifta användning av restvärme i fjärrvärmenätet. När det gäller miljökategori 2 så bör man vara medveten om att olika biobränslen kan ha väldigt olika CO₂-faktorer, de kan variera mellan 3-22 kg/MWh bränsle beroende på ursprung och sort³². Likväl sorteras alla biobränslen ihop i miljöklassningssystemet, vilket möjligen kan motiveras med att det över lag är låga värden. Miljökategori 3 behandlar icke miljögodkända pannor och är inte tillämpligt för fjärrvärme. Slutligen miljökategori 4 som innehåller såväl

³² Miljöfaktaboken för bränslen, se tidigare referens.

olja och LPG (302 kg/MWh) som blandat avfall som med sitt innehåll av fossil plast ligger på 137 kg/MWh³³.

Med ett bokföringsperspektiv (vilket Miljöbyggnad tillämpar) så borde avfall ur CO₂-utsläppssynpunkt placera sig någonstans mellan rent fossila bränslen och biobränslen. Det talar för att avfallsförbränning skulle flyttas till miljökategori 3. Med ett konsekvensperspektiv så kommer saken i helt annan dager. Här bör man i första hand göra skillnad på plast som skulle kunna återvinnas (typ plastförpackningar som inte källsorterats) och den som inte kan återvinnas p.g.a. låg kvalitet eller att det är en plastsort där det inte finns fungerande återvinningsmetoder³⁴. Det har under senare år blivit mer vanligt att importera avfall för att förbränna det i svenska avfallspannor. I de flesta fall är alternativet deponering i ursprungsländet, men i framtiden bör det – i enlighet med avfallsdirektiv, förnybarhetsdirektiv med mera - vara materialåtervinning. I debatten den senaste tiden har det uppstått en diskussion om ansvar. Vem är det som ansvarar för den fossila delen i avfallet? Är det produktutvecklare, designers och inköpare av material? Är det konsumenterna som måste skärpa sig och sortera ut alla plast och helst inte köpa produkter av fossil plast? Eller är det kommuner som skulle ordna med utsortering av plast eller fjärrvärmeleverantörer som skulle kunna höja mottagningsavgiften för plast kraftigt för att styra flödet till annan behandling? Svaret på den frågan är inte enkelt men förmodligen måste alla inblandade i kedjan göra vad de kan.

4.3 FRÅN EU-DIREKTIV TILL MILJÖBYGGNAD

Syftet med detta kapitel är att diskutera följande frågor ur ett policyperspektiv:

- Vilka är intentionerna i EU-direktiven, vad är det för problem man vill lösa?
- Hur översätts EU-direktiven i Boverkets NNE?
- Vad betyder det för miljöcertifiering med Miljöbyggnad?

En viktig fråga, förutom att olika energibärare bör hanteras olika i resurshänsen, är hur utformningen av policy ser ut. Det är måhända inte så långt mellan Bryssel och Sverige, men många av de utmaningar Europa har ifråga om resurseffektivitet, förnybarhet och klimatpåverkan från energianvändning har vi redan kommit en bra bit på väg med att lösa i Sverige. Direktiven omfattar såväl byggnader som transporter och industri men gör ingen större åtskillnad dem emellan och i relation till den faktiska situationen i respektive medlemsland.

När det gäller *energieffektivitet* så kan effektiviseringar åstadkommas i hela värdekedjan, det vill säga såväl hos konsumenterna som i byggnaderna och hela vägen tillbaka till uttaget av energiråvaror. För att uppnå ökad energieffektivitet behöver man således ställa krav på respektive part, d.v.s. vilka förväntningar ställs på fastighetsägarna och vad förväntar man sig från energiföretagen. Här är det viktigt att

³³ Miljöfaktaboken för bränslen, se tidigare referens.

³⁴ Eriksson, O. and Finnveden, G. (2009) Plastic waste as a fuel - CO₂-neutral or not?, Energy and Environmental Science, 2009, Volume 2, Issue 9, pp 907 - 914

ta med hela livscykeln för att undvika suboptimeringar. Det kan till exempel vara motiverat att öka mängden köpt energi till en byggnad (jfr BVP med fjärrvärme) ifall det leder till systemvinster utanför byggnaden (om el utgör en större resurs än värme så kommer en övergång från BVP till fjärrvärme i ett nät med kraftvärme leda till såväl minskad elanvändning som ökad elproduktion från kraftvärmeverk).

Vad gäller krav på *andel förnybar energi* och krav på minskade utsläpp av växthusgaser så är det två olika policyer som griper in i varandra. Om man ökar andelen förnybart i energimixen så minskar utsläppen av växthusgaser. Anledningen till att man har två policys kan egentligen bara vara en – man vill inte se en ökad användning av kärnkraft. När det gäller förnybar energi så väljer vi att i diskussionen dela in den i sol och vind, biomassa och geotermi. Investeringar i sol och vind kan göras på fastighetsnivå och på energisystemnivå vilket gör det till ett attraktivt sätt att driva på utvecklingen. Priset på solceller har rasat de senaste åren och det behövs idag i många fall inga stödsystem utan utvecklingen kan ske på marknads-mässiga grunder. Det finns många fördelar att låta byggnader vara uppställningsplats för solceller. Så länge elen som genereras kan användas internt i byggnaden, eller möjligen även i byggnaden intill, så är det i regel rätt okomplicerat. Tillförd el verkar som energieffektiviseringsåtgärd även om byggnaden i sig ju använder lika mycket energi som tidigare. Marknaden för solvärme i Europa har vi inte studerat i projektet så den uttalar vi oss inte om. Vindkraft är en mer energität form av förnybar energi men både installation och drift är mer komplicerad och dyr, även om det utslaget per kWh kan vara konkurrenskraftigt. Mindre vindturbiner kan placeras på byggnader men verkar mer störande på omgivningen än solceller så vindkraft för i första hand ses som en åtgärd i energisystemet. När det gäller biomassa varierar tillgången på biomassa kraftigt mellan olika länder. Biomassa från urbana miljöer som bioavfall kan bidra i både transportsektorn och värme/kyla-sektorn genom biogasanläggningar, biodieselanläggningar och kraftvärmeanläggningar. När det gäller biomassa från naturmiljön finns det en uppdelning nord-syd där länder i norra Europa (Sverige, Finland, Polen, norra Tyskland) har stora ytor med väl utvecklat skogsbruk medan Mellan- och Sydeuropa saknar eller har låg tillgång på biomassa. I många länder är skogarna rekreationsområden och ses som skyddsobjekt och inte något som ska brukas för energiändamål. Här vet vi att t.ex. svenska Naturskyddsföreningen har en annan uppfattning (att skogen kan brukas hållbart) än sina systerorganisationer söderut (som ser skogen enbart som rekreationsområde med höga skyddsvärden). Det är alltså osäkert hur mycket av den teoretiska potential som skulle kunna nyttjas i ett hållbart skogsbruk som verkligen kan realiseras. Dessutom kommer tillgången på biomassa för uppvärmning att begränsas av efterfrågan på förnybara drivmedel, eldrift oräknat. Slutligen är det värt att säga några ord om geotermi. Potentialen för geotermi verkar stor men det är oklart vilka investeringskostnader det handlar om och ifall värmen har en sådan temperatur att den kan användas genom värmeväxling eller om värmepumpar måste användas. Det är två viktiga faktorer att ha med sig i bedömningarna framåt. I ett svenskt perspektiv har geotermi en synnerligen begränsad potential i södra Sverige.

Direktivet om *energiprestanda för byggnader* infördes 2002 och en omarbetad version infördes 2010. Direktivet ses som en viktig del i Unionens ambitioner att minska energianvändningen, öka andelen energi från förnybara källor samt minska ut-

släppen av växthusgaser. Minimikrav avseende byggnaders energiprestanda skall fastställas av medlemsstaterna och ska fastställas så att kostnadsoptimala nivåer uppnås. Vad som menas med kostnadsoptimal nivå är inte klarlagt och kan vara ett hinder för bästa miljönytta, alternativt ses som ett behov av förändrad prisbild så att det som är energi- och miljömässigt optimalt även blir kostnadsoptimalt. Krav ställs också på att energiprestandan skall presenteras i primärenergianvändning i formatet kWh/m² som kan baseras på nationella eller regionala primärenergifaktorer. I direktivet ställs också krav på att alla nya byggnader skall vara nära-nollenergibyggnader senast 31 december 2020.

Boverkets föreskriftsförslag till *nära-nollenergidefinition*, kapitel nio i Boverkets Byggregler (BBR), är utformad för att uppfylla kraven i Energiprestandadirektivet. Föreskriftsförslaget kan dock leda till att det uppstår ett motsatsförhållande i Sverige mellan bra energiprestanda och utsläpp av växthusgaser. Detta motsatsförhållande leder till att delar av tanken med införandet av direktivet inte uppnås och till och med riskerar att motverkas.

Förutom BBR och NNE så behöver man också förhålla sig till *miljöcertifieringssystem för byggnader* och av dem har vi lagt fokus på det i Sverige populära Miljöbyggnad. Än så länge certifieras bara en bråkdel av alla nya byggnader och för det befintliga beståndet är procentsiffran ännu lägre. Men i takt med ökande krav på en hållbar samhällsutveckling, där ett grönt byggande ingår, så får det en ökande betydelse vad SGBC (Swedish Green Building Council) gör med sitt system. När det gäller energianvändning så bygger systemet på köpt energi men för högre betyg ska byggnaden uppfylla krav som är högre än vad som stipuleras i BBR/NNE. Boverket själva säger att BBR är golvet men av den pågående debatten framgår att många tycker att den föreslagna nivån är för lågt satta.

4.4 VÄRDERING AV ENERGIANVÄNDNING

4.4.1 Tidsperspektiv - bokföring eller marginal

Detta projekt handlar om värdering av energiresurser. En välkänd metodik för värdering/bedömning av såväl resursanvändning som utsläpp är livscykelanalys. I livscykelanalyser får det ofta stor betydelse vilket tidsperspektiv man har i analysen. Med tidsperspektiv menas här om analysen avser historiska data som ska användas för att beskriva miljöprestanda för en viss produkt eller en tjänst (bokföring eller tillbakablickande perspektiv eller "attributional approach") eller om man vill använda historiska eller framtida data för olika alternativ som man vill jämföra med varandra för att fatta någon form av beslut (konsekvensorienterat eller framåtblickande perspektiv eller "consequential approach"). I det förra fallet använder man data som representerar medelvärden, vilket betyder att el som använts i Sverige tilldelas miljödata som avser den mix av olika energikällor som använts vilket är procentuella andelar vattenkraft, kärnkraft, vindkraft, kraftvärme etc. I det senare fallet tänker man sig att man vill undersöka konsekvensen av förändringar. Det kan vara förändringar i den produkt som undersöks eller förändringar över tid för ett system som undersöks. Om dessa förändringar är små i förhållande till det omgivande systemet (jämför storleksordningen för ändrad elanvändning i en enskild byggnad i relation till hela svenska elproduktionen) så kommer denna för-

ändring att påverka systemet på marginalen, det vill säga förändringen kommer påverka den elproduktion som är dyrast att använda. När det gäller mer långsiktiga framtidsblickande perspektiv måste hänsyn tas till att inte bara den egna produkten eller systemet förändras utan även det omgivande systemet kommer förändras. De förändringar som sker över tid i omgivningen (i fallet med el till exempel nedlagd kärnkraft och förväntat ökad produktion från vindkraft och solceller integreras över tidsperioden och man får då något som ibland kallas "komplex mix" det vill säga en mix av förändringar för olika kraftslag. Mer om dessa olika sätt att räkna finns i broschyren Miljövärdering av el³⁵.

Vilka tidsperspektiv tillämpas då i EU-direktiv, nationella byggregler och miljöcertifieringssystem? I EU-direktiven tillämpas ett bokföringsperspektiv. Visserligen är direktiven utformade i akt och mening att åstadkomma förändringar (direktiven ska styra mot att nå de mål som satts upp för 2020 och 2030) men det man vill mäta är graden av förnybarhet, energieffektivitet, klimatpåverkan och primärenergiförbrukning baserat på statistik från föregående år. I våra analyser har vi använt bokföringsperspektiv.

När vi kommer till nationell nivå och Boverket så har såväl BBR som NNE-föreskrifterna också ett bokföringsperspektiv vilket återspeglas i de värden för primärenergital som föreslås. Och här uppstår direkt ett problem. Byggreglerna är styrande och påverkar utformningen av byggnader med avseende på energiprestanda. Det betyder att olika utformning av byggnaderna borde jämföras genom att använda ett konsekvensorienterat synsätt. Vilket borde återspeglas i viktningssfaktorerna för el, värme och i förekommande fall bränsle. När olika alternativa utformningar av byggnaden inkl. val av olika typer av uppvärmningsform prövas borde det vara marginaldata som används. Att då använda primärenergital på 1,6 eller 2,5 leder till en undervärdering av den resursbesparing som sker. Detta är tämligen tydligt när det gäller förändringar i befintliga byggnader. Men det borde även gälla vid utformning av nya byggnader då det alltid finns tänkbara alternativa utformningar av den byggnad som faktiskt byggs. Däremot när det gäller energistatistiken som Energimyndigheten tar fram (Energiläget i Sverige) så är det helt korrekt att tillämpa ett bokföringsperspektiv.

När det gäller miljöcertifieringssystem som Miljöbyggnad återupprepas samma fel som i byggreglerna. Miljöbyggnad har generellt bokföringsperspektiv men ska ändå verka styrande i utvecklingen mot mer energiresurseffektiva byggnader. Miljöbyggnad har olika klassningskrav och manualer för befintliga och nya byggnader. Det vore logiskt och rimligt att certifiering av en befintlig byggnad sker med användning av bokföringsdata. Vid uppförande av en ny byggnad eller omcertifiering av en befintlig byggnad borde den prövas utifrån marginaldata för att också i detta fall vara metodologiskt korrekt och framförallt för att få den tydliga styrande effekt man vill uppnå.

4.4.2 Systemgränsen byggnad - energisystem

En annan intressant aspekt på frågan om hur man ska värdera byggnaders energiprestanda är var man placerar mätpunkten. Det finns i princip tre val:

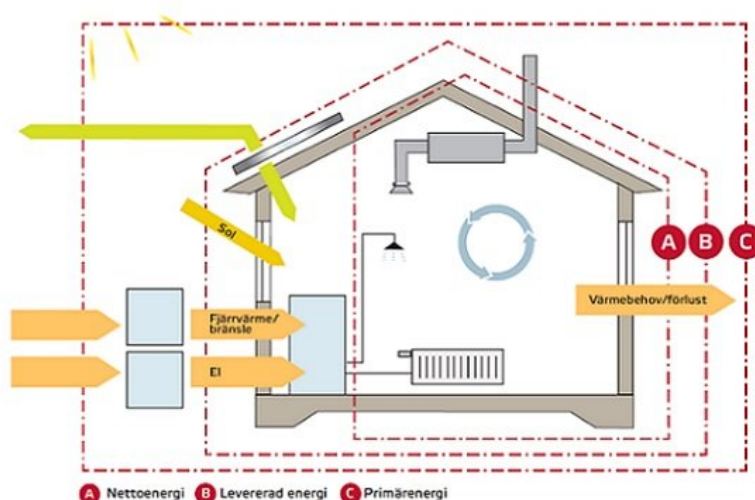
³⁵ Elforsk (okänt) Miljövärdering av el – med fokus på utsläpp av koldioxid

A Nettoenergi eller använd energi. Detta motsvarar den energi som används för uppvärmning, varmvatten, fastighetsel och hushållsel. Komponenten för uppvärmning motsvarar värmeförlusterna genom klimatskalet och ventilation. Det betyder att det som värderas är byggnadens tekniska prestanda samt energianvändning som är knuten till brukandet. Förekomst av t.ex. solceller påverkar inte byggnadens faktiska behov. För en byggnad som värms med fjärrvärme är detta entydigt med köpt energi.

B Köpt energi. Här är mätpunkten den samma för el som för nettoenergi (i BBR räknas dock inte hushållsel in) men för uppvärmning har man gått ett steg bakåt och räknar även på effektiviteten i energiomvandlingen. Det betyder att för t.ex. uppvärmning med pelletspanna så räknar man med energiinnehållet i den pellets som köps in (vilket ger att köpt energi > nettoenergi p.g.a. värmeförluster i rökgaserna) och för uppvärmning med värmepump räknar man med den el som värmepumpen använder (vilket ger att köpt energi < nettoenergi då det endast är den el som värmepumpen använder som köps och den förhåller sig till levererad värme medelst värmefaktorn).

C Primärenergi. Här flyttar man mätpunkten långt bort från själva byggnaden. All tillförd energi följs tillbaka till den primära form den föreligger i, dvs sådan den finns naturligt utan mänsklig påverkan. Det innebär att alla typer av energiförluster i energisystemet inkluderas.

Systemgränserna illustreras även i Figur 21.



Figur 21. Grafisk presentation av nettoenergi, levererad energi och primärenergi

Boverket har genom förslaget till NNE-krav tagit steget bort från byggnaden genom s.k. primärenergital. Som förklarats ovan har dessa tal dock väldigt lite att göra med primärenergi. När man ställer energikrav på byggnader så är det i första hand byggnadens prestanda som ska värderas, det vill säga hus som använder så lite energi som möjligt i förhållande till den funktion de fyller. Att mäta energiprestanda per kvadratmeter är måhända praktiskt men bidrar inte till att utforma byggnader med hög planeffektivitet. Därför vore det önskvärt att energianvändningen uttrycktes per brukare eller liknande, men det leder dessvärre ofelbart till

tolkningsfrågor kring vad som är rimligt antal brukare, hur dessa ska definieras för byggnader som t.ex. skolor och butiker etc. Om vi återvänder till täljaren i kvoten så är det anmärkningsvärt att effektiviteten i hela energisystemet ska mätas i den enskilda byggnaden. Det finns mycket som behöver förbättras i energitillförseln på framförallt EU-nivå, men även i Sverige behöver energisystemen förändras framöver. Det betyder att det behövs styrmedel för utvecklingen av energisystemen men dessa styrmedel bör då omfatta just energisystemet och inget annat.

Det som ändå talar för användning av köpt energi är framförallt att det är så enkelt, det krävs inga omräkningar. Vidare är det ju priset för just den köpta energin sammanlagt med investeringskostnaden som ligger till grund för investeringsbeslut hos fastighetsägaren. För att undvika att byggherrar väljer bort en energisnål konstruktion till förmån för en värmepumpslösning som leder till låga värden för köpt energi är det viktigt att lagstiftningen även innehåller krav på klimatskalet som kan uttryckas som värmeförlusttal eller som U-värdeskrav.

Projektet förordar användningen av nettoenergi/använd energi som mått på en byggnads energieffektivitet. Den rekommendationen är i enlighet med vad både Energikommisionen (sid 295) och Miljömålsberedningen (sid 320) föreslår. Energikommisionen motiverar valet så här:

"Nuvarande systemgräns i både Boverkets byggregler (BBR) och i förslaget om nära-nollenergihus är levererad (köpt) energi. Denna systemgräns gynnar individuella uppvärmningslösningar (t.ex. värmepumpar) framför gemensamma energisystem (t.ex. fjärrvärme). Byggreglerna bör vara neutrala till valet mellan el och fjärrvärme, genom att fokusera på använd energi snarare än köpt energi."

4.4.3 Syntes och illustrativa exempel

I nedanstående tabell illustreras betydelsen av olika val som fastighetsägaren kan göra med avseende på hur det påverkar förhållandet mellan nettoenergi och köpt energi (betydelsen av systemgräns), elbalansen (elanvändning och elproduktion) och skillnaden mellan olika tidsperspektiv med avseende på primärenergi och koldioxidutsläpp. Vi tänker oss en byggnad med ett givet nettoenergibehov. När det gäller konsekvensanalys för fjärrvärmesystemet gör vi skillnad på system med hög andel spillvärme och system med hög andel kraftvärme (ofta avfall eller biobränsle). För primärenergifaktorer har vi använt europeisk medel-el (2.5) och svensk medelfjärrvärme (0.6) samt i marginalfallet kolkondens (3.0) för el och oljepanna (1.1) för marginalfjärrvärme.

Tabell 19. Fastighetsägarens val och dess systemrelevans

Val	Energiomvandling	Köpt energi	Elanvändning	Elproduktion	PEF, medel	PEF, marginal
Fjärrvärme	Bränsle till värme	= nettoenergi	Konstant	Ökar om KV	0.8	1.1
Värmepump	El till värme	< nettoenergi	Ökar	Minskar om KV	2.5	3
Solceller	Sol till el	< nettoenergi	Minskar	Ökar	2.5	3
Solfångare	Sol till värme	< nettoenergi	Ökar lite	Minskar om KV	0.6	1.1
FTX	Värmeåtervinning	< nettoenergi	Ökar lite	Minskar om KV	0.6	1.1
FVP	Värme och el till värme	< nettoenergi	Ökar	Minskar om KV	2.5	3

Av tabellen framgår att alla åtgärder utom installation av fjärrvärme leder till att behovet av köpt energi understiger nettoenergiebehovet. Det betyder att dessa åtgärder fungerar som energieffektiviseringsåtgärder med dagens byggregler. Ingen av dessa åtgärder syftar till att bygga ett bättre klimatskal med syfte att minska nettoenergiebehovet. Om byggreglerna ska premiera energieffektiva byggnader så borde det ställas krav även på klimatskalet i form av små förluster. Det kan ske genom beräkning av förlustfaktor, krav på U-värden eller som i miljöbyggnad med krav på värmeeffektbehovet vid en extrempunkt.

Av energiomvandlingskolumnen framgår att de olika åtgärderna använder olika resurser för att åstadkomma energieffektiviseringen. I många fall ökar elanvändningen medan elproduktionen minskar vid anslutning till fjärrvärmenät med kraftvärme som baslastmarginal. Vid konstant elbehov i samhället kommer den förlorade kraftvärmen (med i Sverige måttliga koldioxidutsläpp) att ersättas av annan elkraftproduktion. För tillfället kan det mycket väl vara kärnkraft medan det om några år lika gärna kan vara vindkraft eller naturgas. I ett framtida elsystem som är designat för att fånga så mycket flödande energi som möjligt kan det variera på månads- eller veckobasis vad marginal elen kommer ifrån. Då byggnaderna finns i systemet under en lång tidsperiod talar det för att en komplex mix borde tillämpas.

Ett undantag från regeln ökad elanvändning och minskad elproduktion är installation av solceller vilket ju också undersökts mer i detalj genom simuleringar. Ett nästa steg är att undersöka systemkombinationer där exempelvis värmepump med solceller jämförs mot fjärrvärme. Om man dessutom frigör sig från fastighetsgränsen och räknar in ny elproduktion på annan plats som till exempel andelar i vindkraftverk så kan ytterligare slutsatser dras kring systemeffekter.

Som framgår av tabellen är skillnaden i primärenergifaktor mellan bokföringsperspektiv och marginalperspektiv inte så stor. Däremot kan motsvarande skillnader i klimatpåverkan vara betydande, se använda emissionsfaktorer i energisystemsimuleringarna. Utifrån vad som står i EU-direktiven kan man konstatera att (1) energieffektivisering inte med nödvändighet leder till att energiresurser sparas och (2) att intentionen att åstadkomma minskade utsläpp av koldioxid i medlemsländerna tvärtom kan leda till ökade utsläpp. För att så inte ska bli fallet krävs kraftiga styrmedel riktade mot energisystemet där förnybarhetsdirektivet borde vara svar på frågan.

I Sverige är det relativt vanligt att ta tillvara restvärme från industrier i fjärrvärmesystemen. Där saknas samma starka koppling till förändrad elproduktion till följd av ändrat värmebehov. Man kan då fråga sig om slutsatserna blir annorlunda för ett system med mycket spillvärme. För att illustrera detta väljer vi att använda ett konkret exempel. Nedanstående är en direkt återgivning av ett pressmeddelande från Energimyndigheten.

Energieffektivisering, Sverige

Nära halverad energianvändning för bostadsrättsförening

Energimyndigheten - 2017-02-08

Styrelsen för Brf Herrgårdshagen i Brynäs strax utanför Gävle tyckte att man hade måttliga kostnader för el och fjärrvärme för ett hus

byggt 1984. Men utgifterna ökade. Kravet på att bostadsrättsföreningar ska göra en underhållsplan och energikartläggningsstödet från Energimyndigheten underlättade beslutet för styrelsen att beställa en energikartläggning 2013. Med kartläggningen fick föreningen förslag på åtgärder som skulle minska energianvändningen. ”Styr och ställer” har under 2015 installerat ett återvinningssystem med frånluftsvärmepumpar och flödesinjusterat hela värme- och ventilationssystemet med bland annat nya ventiler och termostater för radiatorer i lägenheterna. För framtiden ser Herrgårdshagen över förutsättningarna för att installera solceller och bergvärme.

Energimyndigheten 8 feb -17

Vilka blir systemeffekterna av dessa åtgärder? Några simuleringar av Gävles fjärrvärmesystem har inte gjorts i projektet men det går att resonera kring konsekvenserna utan att ha räknat på det i detalj. Frånluftsvärmepumparna drar el och sparar spillvärme från kartongfabriken i Korsnäs. Alternativt sparas biobränsle då Johannes biokraftvärmeverk regleras ner med förlorad elproduktion som följd. Om det senare skulle vara fallet så sparas bränsle i Johannes KVV och det är huvudsakligen bark utan alternativ användning från fabriken i Skutskär. Beroende på värmeverdet för barken kan det möjligen gå att hitta en avsättning för barken i närliggande Uppsala. Framförallt i en framtid då biobränsle är en begränsad resurs.

Redan här inställer sig nya frågor:

1. Är det att föredra att värmeåtervinning av frånluften sker med värmeväxlare istället för frånluftsvärmepumpar?
2. Vid vilket elpris är det inte aktuellt för Brf Herrgårdshagen att byta fjärrvärme mot bergvärme?
3. Kan det vara så att det är en bra lösning större delen av året men att det är en mycket dålig lösning när det är kallt och inte blåser? Frågan blir då hur energibolaget ska få ihop kalkylen med så få driftstimmar?

Sen har vi detta med tidsperspektiv. I fallet Gävle, och det gäller nog på många andra ställen i Sverige också, ska det byggas många nya bostäder så sparad värme från befintlig brf kan teoretiskt gå till nya byggnader, d.v.s. Gävle Energi slipper investera i ny kapacitet i fjärrvärmenätet, alternativt ifall Johannes kraftvärmeanläggning redan körs på del-last under vissa perioder så kan värme- och elleverans från befintlig anläggning ökas. Men om vi har byggregler som styr mot ökad användning av bergvärmepumpar så finns det kanske ändå ingen avsättning för den sparade värmen från brf herrgården. Det betyder på sikt att reinvesteringarna i fjärrvärmesystemet minskar (stora anläggningar som faller för åldersstrecket ersätts av mindre anläggningar eller inte alls), alternativt behöver Gävle Energi hitta nya marknader för värmen. Fjärrvärme kan skapa annan samhällsnytta genom markvärme, uppvärmning av växthus och fiskodlingar, torkning av bränslen eller slam med mera.

Ytterligare ett alternativ skulle kunna vara att använda fjärrvärme som reservvärme. Det skulle innebära att man enkelt kan styra bort vissa laster när det är som kallast och BVP-kunderna skulle då övergå till fjärrvärme. Det är förmodligen

svårt att få lönsamhet i att använda fjärrvärmesystemet som effektreserv och styrsystemet bygger på att fjärrvärmebolaget, i detta fall Gävle Energi, har möjlighet att fjärrstyra värmepumpar i fastigheterna. Då blir frågan också om värmepumparna ska sitta lokalt i byggnaderna eller centralt i fjärrvärmenätet. Här finns det många aspekter att fundera på: ekonomi, energieffektivitet, skalfördelar, praktisk hanterbarhet, synergier med annan verksamhet som har spillenergi, m.m. I just detta fall är det Gävle Energi som äger fjärrvärmenät och elnät. Då kan det rent principiellt räcka med att flytta leveranspunkten så att Gävle Energi tar över värmepumpen i fastigheten. Det är relativt enkelt att montera laststyrning som kommunicerar via elnätet precis som elmätaren redan gör. En utmaning är väl dock serviceorganisationen för Gävle Energi – det är lättare att trimma och underhålla ett fåtal större VP i fjärrvärmenätet än flera hundra ute hos abonnenterna.

4.4.4 Betydelsen av köpt energi

I pågående diskurs om byggregler, nära-noll-energi-byggnader och primärenergifaktorer kommer fokus naturligt att hamna på valet mellan en värmepumpslösning eller användning av fjärrvärme. Så även i denna rapport. Den stora skillnaden för fastighetsägaren i detta val är behovet av köpt energi. Om regelverket gynnar användning av värmepumpar framför fjärrvärme så baddar det för en utveckling där energieffektiviseringsåtgärder i befintliga byggnader i fjärrvärmeområdet innebär en övergång från fjärrvärme till bergvärme. I föregående kapitel ges exempel på när en sådan utveckling inte med säkerhet styr mot ökad resurseffektivitet och lägre utsläpp. Bergvärme (BVP) i kombination med förnybar el (särskilt egenproducerad på eller utanför fastigheten som en garant för ny grön el) är ett bra systemval för byggnader utanför fjärrvärmeområdet. Men om en sådan lösning ersätter befintlig fjärrvärme med låga utsläpp och hög andel kraftvärme är det systemmässigt inte en bra åtgärd miljömässigt vilket visats i våra simuleringar. Svaret varierar naturligtvis med vilken bränslemix fjärrvärmen har.

Grundproblemet är att mäta energieffektivisering utifrån köpt energi. En sådan frikoppling (som ses som fördelaktigt i EU-direktivet om förnybarhet) minskar kostnaden för köpt energi, d.v.s. det blir en lägre driftskostnad med BVP istället för fjärrvärme. Det beror på att årsvärmefaktorn för värmepumpslösningen är högre än prisrelationen mellan el och fjärrvärme, investeringen inräknad. Men givet energi- och klimatmål och energisystemets miljöpåverkan så kan man fråga sig om prissignalen är rätt.

Ytterligare en observation är att byggreglerna naturligtvis endast omfattar värmepumpar som återfinns i byggnader medan den värmepump som finns i fjärrvärmenätet inte gör det. För fastighetsägaren innebär det varierande prisförutsättningar. Låt oss illustrera det med ett räkneexempel. För värmepumpen i byggnaden är köpt energi 1 kWh medan använd energi är 4-5 kWh. Med ett elpris på 1 kr/kWh blir energikostnaden 1 krona, effektpriiset oaktat. Om en värmepump med samma prestanda (årsvärmefaktor) återfinns hos fjärrvärmebolaget blir mängden köpt energi 5 kWh i form av fjärrvärme till samma byggnad. Det betyder att fjärrvärmepriset bara kan vara 20 öre/kWh för att bli konkurrenskraftigt mot värmepumpslösningen. Ur termodynamisk synvinkel utgör detta ett problem då 1 kWh el och 1 kWh värme utgör olika stora resurser och det återspeglas inte fullt ut i

priset. Man bör dock ha i åtanke att rörligt fjärrvärmepris sätts utifrån andra egenskaper än att konkurrera med det rörliga elpriset och nätavgift.

Den stora utmaningen är dock inte teknisk. Den stora utmaningen är att individuella energieffektiviseringsåtgärder ofta är lönsamma med avseende på köpt energi. Så länge de åtgärder som är bättre ur systemperspektiv inte ger en direkt påverkan för den individuella kunden kommer dessa sannolikt inte beaktas av särskilt många. Köpt energi är köpt energi oavsett vad byggreglerna säger eller vilket ursprung el och värme har. Det är enligt våra bedömningar en stor utmaning att utforma energipolicy som ska kompensera för termodynamiska egenskaper (i fallet fjärrvärme ska t.ex. årsvärmefaktorn ställas mot elverkningsgraden i ett kraftvärmeverk).

4.5 FORTSATT ARBETE

Projektet har gett svar på de frågor som ställts i projektet men också svar på frågor som uppkommit under vägens gång. Emellertid har en del av de nya frågorna inte kunnat besvaras av olika skäl och det finns därför ett fortsatt utredningsbehov inom området. Nedan listas några sådana huvudinriktningar, medan det på detaljnivå finns en stor mängd frågor att besvara.

1. Analysera energisystemkonsekvenser mer ingående. I detta projekt har fokus legat på byggnadssimuleringar och flertalet frågeställningar om vad som händer på lång sikt i energisystemet har inte kunnat analyseras med hänsyn till bemanning, budget med mera. För att kunna dra mer generella slutsatser angående förändringar i CO₂-utsläpp är det av intresse att undersöka är mer långvariga konsekvenser genom tillämpning av marginalperspektiv för värme och el, långsiktiga konsekvenser med användande av s.k. komplex elmix, betydelsen av vilka bränslen som används i fjärrvärmesystemet, ny innovativ användning av fjärrvärme och fjärrvärmebolagens roll.
2. Analysera energipolicy på det lokala planet. I detta projekt har utgångspunkten varit BBR och därifrån har vi gått uppåt mot EU och "nedåt" mot certifieringssystem. När det gäller renovering av flerbostadshus (t.ex. miljonprogram) och utveckling av fjärrvärme så är det ofta kommunala huvudmän. I vilken utsträckning förmår svenska kommuner att värdera koncernnyttan och undvika suboptimeringar genom att de kommunala fastighets- och energibolagen agerar utifrån olika agendor?
3. Befintliga analyser och delresultat kan ytterligare integreras och skärpas, till exempel genom att analysera inte bara NNE utan även guldkrav i miljöbyggnad motsvarande 75 % av energiprestandakravet i BBR. Hypotesen är dock att en sådan simulering ännu tydligare styr mot värmepumpar i kombination med solceller.
4. I projektet har ingen hänsyn tagits till ekonomiska aspekter. Det finns ett intresse att analysera olika energieffektiviseringsåtgärder där även ekonomi ingår. Olika sätt att räkna (driftnetto, LCC etc) och hur de påverkar beslutsfattandet är givetvis av intresse här.
5. Som framgår av rapporten så finns det ett behov av att utveckla en robust och generell metod för värdering av energiresurser. Här ingår att vidareutveckla

energiomvandlingsfaktorn fram till slutligt använd energi och att utveckla en förnybarhetsfaktor baserad på tidskonstanter.

6. Det skulle också vara intressant att kombinera och vidareutveckla detta arbete med liknande ansatser som bland annat forskare vid Uppsala universitet och forskarskolan Reesbe arbetar med.

5 Slutsatser

Slutsatserna är redovisade på två sätt. Först redovisas slutsatser med avseende på målen för studien, det vill säga de konsekvensanalyser som gjorts med hjälp av byggnads- och energisystemsmoduleringar. Därefter redovisas slutsatser från övriga delar i rapporten vilka är inordnade under olika underrubriker.

1. Belysa problemet med solcellssystemets påverkan på byggnadens primärenergital för byggnader med olika uppvärmningssystem (berg-värmepump och fjärrvärme)

Boverkets föreslagna nära nollenergibyggnadsdefinition förstärker möjligheten att bygga systemkombinationer med bergvärmepump och solenergisystem som ger byggnader med lågt primärenergital. En fjärrvärmeuppvärmd byggnads primärenergital påverkas marginellt av installationen av ett solenergisystem. (kap 3.1.1)

Redan relativt små solenergistorlekar ger huvuddelen av minskningen av primärenergitalet för alla systemkombinationer. (kap 3.1.1)

2. Belysa hur BBR och NNEB definitionen påverkar renoveringar med avseende på specifik energianvändning och värdera vilka åtgärder som är mest lönsamma för fastighetsägaren.

I Boverkets föreskriftsförslag finns inga skallkrav gällande renovering så dessa blir ej styrande när det gäller renoveringar. (kap 3.1.3)

3. Belysa hur kraven i NNEB definitionen påverkar valt uppvärmningssystem i nya byggnader inom fjärrvärmeområden.

NNEB definitionen eller föreskriftsförslaget för kapitel 9 i Boverkets byggregler möjliggör att nya byggnader får väldigt låga primärenergital om de utrustas med bergvärmepump (kap 3.1.2). Om denna systemutformning införs i byggnader inom fjärrvärmeområdet så riskerar det att leda till en ökning av globala koldioxidutsläpp (om elen antas produceras enligt Europeisk mix och Nordisk residualmix). (kap 3.1.4, 4.1)

5.1 ENERGIPOLICY

- Såväl direktivet om byggnaders energiprestanda som energieffektiviseringsdirektivet betonar att de styr mot minskade utsläpp av växthusgaser. Men när det gäller förnybarhet och utsläpp av växthusgaser från energisystemet skiljer sig Sverige markant från de flesta EU-länder. Det betyder att den styrning som avses uppnås genom direktiven inte får önskade effekter i en svensk kontext. (kap 3.3.1 och 3.3.3)
- I EUs förnybarhetsdirektiv ses systemen för fjärrvärme och fjärrkyla som både bromskloss och en möjliggörare för en utveckling mot en högre andel förnybart i energimixen (kap 3.3.2)

- EUs energieffektiviseringsdirektiv gör ingen tydlig koppling mellan ökad energieffektivitet och minskad användning av energiresurser (kap 3.3.3)
- Boverkets föreskriftsförslag för NNE-byggnader styr mot el-baserade uppvärmningssystem som leder till byggnader med låga primärenergital och samtidigt, om dessa installeras i fjärrvärmeuppvärmd byggnad, kan leda till ökade utsläpp av växthusgaser på Europeisk nivå (EU-mix och nordisk residulamix) eller minskade utsläpp (Nordisk mix). (kap 3.1.4, 3.3.6, 4.1)

5.2 TIDSPERSPEKTIV OCH VAL AV DATA

- EU-direktiven avser att mäta verklig miljöprestanda för historisk förbrukning och baseras därför på bokföringsdata. När direktiven implementeras i lagstiftning används energikraven som underlag för beslut om val av uppvärmningsform med mera där det är mer korrekt att använda ett konsekvensorienterat synsätt med användning av marginaldata. Detta kan leda till en icke önskad utveckling. (kap 3.3.3, 4.4.1)
- Miljöcertifiering av en befintlig byggnad bör ske med användning av bokföringsdata. Vid uppförande av en ny byggnad eller om-certifiering av en befintlig byggnad bör den prövas utifrån marginaldata. (kap 4.4.1)

5.3 SYSTEMGRÄNSER

- Att använda köpt energi som ett mått på en byggnads energiprestanda ger en felaktig bild av hur energieffektiv byggnaden är. Projektet föreslår att byggreglerna istället baseras på nettoenergi. Alternativt att den köpta energin viktas beroende på vilken form den föreligger i och bidrar till energisnåla byggnader med U-värdeskrav. (4.4.2)
- Energieffektivisering ska inte mätas utifrån köpt energi utan från slutligt använd energi. Här måste hänsyn tas till både kvantitet och kvalitet (kap 4.4.2)

5.4 METODIK FÖR VÄRDERING AV ENERGIRESURSANVÄNDNING

- De flesta miljöcertifieringssystem för byggnader utgår från köpt energi i kWh/m² utan viktning mellan olika energibärare. Egenproducerad energi bidrar till att minska behovet av köpt energi. Alla system utom ett gör någon form av miljövärdering av energianvändning. Breeam och Miljöbyggnad ställer krav på klimatskalet, övriga inte. (kap 3.2 och 4.2)
- Miljöbyggnad är det certifieringssystem som är mest ändamålsenligt då det fångar de mest relevanta aspekterna av energianvändning. (kap 3.2 och 4.2)
- I miljöbyggnad borde avfallsförbränning flyttas till miljökategori 3 för indikator 4 Energislag (kap 4.2.1)
- Det är olyckligt att Miljöbyggnad för indikatorn energislag blandar samman en resursklassning med värdering av utsläpp. Kategori 3 är med sitt

fokus på utsläpp (ej miljögodkända pannor) alltså obsolet. Istället borde "dåliga" biobränslen och avfall inta kategori 3. Om man gör så blir kategorierna tydligare, vi får flödande, helt förnybart, delvis förnybart och icke förnybart. (kap 4.2.1)

- Utsläpp till luft från olika energislag borde vara en separat indikator i miljöbyggnad och det borde klargöras om det bara är koldioxidutsläpp som avses eller även andra utsläpp. Om bara CO₂ skulle ingå borde kärnkraft flyttas till en högre miljöklass. Förslagsvis skulle olika utsläppsintervall utgöra de olika kategorierna vilket skulle motsvara nära noll, låga, måttliga och höga utsläpp. (kap 4.2.1)
- Energibärarna i EUs föreslagna metod för beräkning av PEF summeras utan kvalitetsfaktorer. Det innebär att 1 kWh värme av låg temperatur, 1 kWh värme av hög temperatur och 1kWh elektrisk energi betraktas som likvärdiga resurser. I termodynamiken betyder användning av energi att förmågan att leverera el förbrukas. Ovanstående metod strider mot denna princip. (kap 3.3.4)
- När elproduktionen förändras så att en större andel primärenergi av högre energikvalitet(sol-vind-vatten) används sjunker primärenergifaktorn. (kap 3.3.4)
- När kol ersätts av naturgas sjunker primärenergifaktorn, eftersom elverkningsgraden ökar. (kap 3.3.4)
- När kraftprocessen som omvandlar bränslen till el får högre verkningsgrad sjunker primärenergifaktorn. (kap 3.3.4)

5.5 ENERGIEFFEKTIVISERING I PRAKTIKEN

- Installation av solceller är till skillnad från andra energieffektiviseringsåtgärder som solfångare, FTX och FVP en åtgärd som inte ökar elanvändningen och minskar elproduktionen (kap. 4.4.3)
- Värmepumpar i fjärrvärmenätet och i byggnader har olika förutsättningar beroende på att köpt energi till fastigheten ligger på olika sidor om värmepumpen (den varma sidan för VP i fjv-nät och den kalla sidan för VP i byggnaden) (kap 4.4.4)
- Köpt energi är det som tillsammans med investeringskostnaden avgör lönsamheten i energieffektiviseringsåtgärder. Detta gäller oavsett om primärenergi eller nettoenergi används i övrigt. (kap 4.4.4)

Nära noll-energi-byggnaders energianvändning

Delrapport 2 inom projektet "Regelstyrd energi- och miljövärdering av byggnader".

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se