

SBUF

Slutrapport

2010-07-07

**12238 Dags att leverera
- från passivhus till energirika
byggnader**

Uppdragsnummer: 7185147

Rapport

Uppgifter om dokumentet:

Beställare, Slutkund	SBUF
Objekt	
Handlingens status	Slutrapport
Datum	2010-07-07
Rubrik 1 (Uppdragsnamn)	12238 Dags att leverera
Rubrik 2 (Uppdragsnamn)	- från passivhus till energirika byggnader
Uppdragsnummer	7185147
Dokumenttyp	Rapport

Upprättad av

Granskad av

Godkänd av

Magdalena Kvernes
NCC Teknik/NCC Construction
Sverige AB

Hannes Schmied
NCC Teknik/ NCC Construction
Sverige AB

Martin Sandberg
NCC Teknik/ NCC Construction
Sverige AB

Ändring	Datum	Sign U	Sign Gr	Sign G

NCC Construction Sverige AB
NCC Teknik

Postadress

Besöksadress

Kontakt
Tel:
Fax:Organisation
Org.nr

VAT.nr

Dokument-ID

G:\2009\Energi_Inst_Syd\7185147 Dags att leverera - från passivhus till energirika byggnader_SBUF 12238\14 Rapport\Slutrapport SBUF
12238 Dags att leverera.doc

Mall-ID

Rapport.doc senast ändrad: 2007-01-30

Innehållsförteckning

1	Förord	5
2	Sammanfattning	6
3	Bakgrund	7
4	Syfte, mål, avgränsning	8
5	Metod	8
6	Från passivhus till plusenergihus	9
6.1	Lågenergihus	9
6.1.1	Passivhus	10
6.1.2	Minienergihus	10
6.1.3	Nollenergihus.....	10
6.1.4	Plusenergihus.....	11
6.1.5	Plusvärmehus.....	11
6.1.6	Egenvärmehus	11
6.1.7	Smarta hus	12
7	Lagstiftning	13
7.1	Miljömål 2020.....	13
7.2	EU:s energidirektiv om byggnaders energiprestanda	13
7.3	Ellagen	14
7.3.1	Hinder med ellagen	15
7.4	Solcellsbidrag.....	16
7.5	Lagstiftning i Europa	16
8	Teknik kopplad till småskalig energiproduktion	18
8.1	Vindkraft.....	18
8.2	Solceller	20
8.3	Stirlingmotor.....	23
8.4	Batterier	24
8.5	Vätgaslager.....	25
8.6	Distribution	25
8.6.1	Smarta elnät	25
9	Minskning av elbehov	27
10	Referensprojekt	28
10.1	Plushus i Åkarp.....	28
10.2	Förbos Plusvärmehus i Lerum	29
10.3	Energibo plusenergihus i Ronneby.....	29
10.4	Globalhus plusenergivilla i Onsala	30
10.5	Aktivhusområde i Kungälv.....	31
10.6	Concept House.....	32
10.7	Västra hamnen, Malmö, nätet som energilager.....	33
11	Slutsatser	34



NCC TEKNIK

Uppdragsnummer: 7185147
12238 Dags att leverera
- från passivhus till energirika byggnader

Status: Slutrapport

12	Fortsatt arbete	37
13	Referenser	38

1 Förord

I takt med att lagstiftningen ställer högre och högre krav på byggnaders maximala energianvändning och att den allmänna opinionen visar på en allt större medvetenhet kring klimat- och energifrågor har energieffektivt byggande mer och mer blivit ett marknadskrav. Passivhusteknik som för bara några år sedan ansågs som mycket innovativ är numera en etablerad teknik, där uppföljningar visar på en god funktion och nöjda kunder. Framöver kommer krav ställas på att nya byggnader skall vara ”nära noll”-energihus och att använd energi skall vara förnybar. Tekniken för detta finns redan, men de exempel som finns i Sverige är nästan uteslutande privata initiativ. Detta projekt syftar till att studera vilka möjligheter och hinder som finns avseende tillgänglig teknik och aktuell lagstiftning för att bygga hus som kan producera sin egen energi, med fokus på elenergin. Projektet genomförs som en förstudie inför en eventuell djupare utredning och analys av förutsättningarna för att bygga hus som är självförsörjande på energi i Sverige. Projektet har utförts av en projektgrupp med deltagare från NCC Construction Sverige; Magdalena Kvernes (projektledare), Veronica Yverås, Oscar Garpebring och Hannes Schmied.

Projekt har finansierats av SBUF och medverkande företags egna insatser.

Ett stort tack till alla som medverkat i denna förstudie:

- Sveriges Byggindustrier och FoU-Väst som länkade samman intressenter till projektet.
- Styrgruppen som engagerat sig, diskuterat och bidragit med sin kunskap.
- Samtliga personer som ställt upp med information vid personliga intervjuer.
- Personer och företag som bidragit med bilder till rapporten.

Styrgrupp:

Anders Blixt, AF Bygg
Kristina Gabriell, Peab
Erik Lavehall, JM
Ene Lindén, Skanska
Svante Wijk, NCC
Pär Åhman, BI/FoU Väst

Göteborg, juni 2010
Magdalena Kvernes

2 Sammanfattning

En allt större medvetenhet kring klimat- och energifrågor har gjort att energieffektivt byggande mer och mer blivit ett marknadskrav. Lagstiftningen har skärpt energikraven successivt och ytterligare skärpningar är att vänta. På värmesidan har man minskat energianvändningen markant genom att passivhustekniken använts, medan elanvändningen inte minskat i samma utsträckning. Nästa steg är att lösa elanvändningen med hjälp av förnybar elproduktion och bygga hus som är självförsörjande på energi eller kan leverera ut energi under vissa delar av året, så kallade plusenergihus.

Detta projekts syfte är att öka kunskapen om byggande av plusenergihus. Förstudien är genomförd som en kartläggning med fokus på tekniska förutsättningar för möjligheten att omgående kunna producera i fullskala, det vill säga med befintlig teknik eller teknik som finns tillgänglig inom en snar framtid och befintlig lagstiftning. Resultatet skall kunna användas för att utveckla byggprocessen i ett hållbarhetsperspektiv. Projektet avgränsar sig till att studera produktion av el (inte värme) i byggnader.

I rapporten beskrivs aktuell status för alternativa energikällor, såsom vindkraft och solceller. Övergripande beskrivs system för förnybar elproduktion, lagring och distribution. Praktiska saker att tänka på vid planering av ett plusenergihus tas upp. Gällande lagstiftning som påverkar genomförandet av plusenergihus presenteras. Jämförelser görs med lagstiftning och bidragssystem i andra länder i Europa. Några referensprojekt presenteras för att exemplifiera hur tekniken kan användas.

EU:s nyligen beslutade direktiv om energiprestanda i byggnader kommer sannolikt att leda till att de svenska lagkraven skärps när det gäller energianvändning och krav på användning av förnybar energi. Detta bör driva på utvecklingen för teknik som stödjer byggande av plusenergihus. När det gäller den tekniska utvecklingen för förnybar elproduktion finns det fortfarande en del att göra, till exempel när det gäller vibrationer hos små vindkraftverk, att höja de generellt låga verkningsgraderna och att utveckla elnätet till så kallade smarta elnät.

Ekonomi runt småskalig elproduktion är ett stort hinder för användningen av denna teknik. Tekniken är fortfarande relativt kostsam och det är dessutom svårt att få betalt för den el man levererar ut på elnätet. Införandet av nettodebitering, då man bara betalar för skillnaden mellan köpt och utlevererad el, skulle göra stor skillnad för de som vill producera sin egen el.

En förutsättning för att det skall vara möjligt att producera plusenergihus är att minska elbehovet i byggnaden, genom att t ex använda energieffektiva apparater och belysning.

3 Bakgrund

I takt med att lagstiftningen ställer högre och högre krav på byggnaders maximala energianvändning och att den allmänna opinionen visar på en allt större medvetenhet kring klimat- och energifrågor har energieffektivt byggande mer och mer blivit ett marknadskrav. Passivhusteknik som för bara några år sedan ansågs som mycket innovativ är numera en etablerad teknik, där uppföljningar visar på en god funktion och nöjda kunder. Fokus har legat på att med passiva åtgärder reducera energibehovet, vilket har lett till att energianvändningen för värme är ca 20 % av densamma vid traditionell byggteknik, varmvattenbehovet är 50 % med hjälp av användandet av solfångare och så vidare. Elanvändningen, t ex för hushållsenergi, har inte reducerats i samma utsträckning, utan utgör ca 60 % av den totala energianvändningen för byggnaden.

Tekniken för att bli självförsörjande på både värme- och elenergi finns redan idag, men har bland annat av kostnadsskäl inte varit realiserbar i Sverige. Concept House, ett koncepthus som var helt självförsörjande på energi presenterades av NCC Construction Sverige AB 2005. Det var en konferensanläggning utformad med teknik som fanns tillgänglig på marknaden. Byggnadsskalet var konstruerat som ett passivhus och energin försörjdes med solceller, bränsleceller och ett vindkraftverk. Zero House, som designats av Scott Specht, är ett prefabricerat enfamiljshus, som är självförsörjande både på energi och på vatten/avlopp. I Åkarp utanför Malmö finns ett nybyggt Plusenergihus, en villa där el och värme produceras i fastigheten med överskott som skulle kunna levereras tillbaka till nätet.

Europa, speciellt Tyskland och Spanien, ligger i framkant med långt gången tillämpning. Där har projekten fått bra ekonomiska förutsättningar, delvis på grund av lagstiftning och bidragssystem. Med en större efterfrågan sjunker priserna. I Sverige är nätägarnas krav på mätutrustning och abonnemang för att få leverera el till näten ett hinder. En statlig utredning angående detta har gjorts och ändringar i ellagen (1997:857) har nyligen börjat gälla.

En marknadsundersökning genomförd av NCC med finansiering från Energimyndigheten 2005 visar att 83 % av de tillfrågade tyckte att det var viktigt att det hus de skulle köpa var energieffektivt, att 57 % föredrog låg driftkostnad mot en högre investeringskostnad medan endast 5 % föredrog motsatsen och att 74 % oroade sig för de pågående klimatförändringarna. Sedan dess har samhällsdebatten fokuserat än mer på klimat- och energifrågor och den allmänna opinionen visar tydligt ökad medvetenhet när det gäller dessa frågor. Trenden är att energi blir dyrare och teknik blir billigare. Utvecklingen på till exempel solceller och små vindkraftverk går mycket snabbt, varför förutsättningen för att bygga självförsörjande hus snabbt blir bättre.

4 Syfte, mål, avgränsning

Detta projekt har gått ut på att klargöra möjligheter och hinder för byggnader som kan producera, lagra och/eller leverera elenergi. Teknik och lagstiftning har studerats med fokus på att studera tekniska förutsättningar för möjligheten att omgående kunna producera i fullskala, det vill säga med befintlig teknik eller teknik som finns tillgänglig inom en snar framtid och befintlig lagstiftning. Vilka eventuella hinder som kan föreligga i Sverige jämfört med övriga Europa har också studerats. Resultatet skall kunna användas för att utveckla byggprocessen i ett hållbarhetsperspektiv.

Projektet har avgränsats till att enbart gälla byggnader och anläggningar. I huvudsak kommer fokus att ligga på produktion av el, men reduktion av elanvändning berörs också. Elproduktionen fokuseras till produktion på den egna fastigheten. Produktion eller lagring av värme studeras inte i detta projekt. Beteendefrågor behandlas inte heller. Målet är att höja kunskapen om självförsörjande energisystem i byggbranschen och därmed verka för en utveckling mot ett hållbart samhälle. Resultatet skall kunna utgöra underlag för byggherrar och byggföretag att driva frågan vidare.

I rapporten används begreppet energiproduktion i betydelsen energiomvandling.

5 Metod

Projektet har lagts upp som en förstudie inför en eventuell djupare utredning och analys av förutsättningarna för att bygga hus som är självförsörjande på energi i Sverige. Med hjälp av litteraturstudier och intervjuer har aktuell status för alternativa energikällor utretts, så väl som aktuell lagstiftning. Jämförelser har gjorts med andra länder när det gäller möjligheter och hinder för att producera energi. Övergripande beskrivningar av system för energiproduktion, lagring och distribution har tagits fram.

Ingående moment:

- Litteraturstudie
- Intervjuer
- Beskrivning av aktuell lagstiftning
- Beskrivning av aktuell teknik
- Beskrivning av referensprojekt

6 Från passivhus till plusenergihus

I takt med ett ökande miljöintresse i samhället har under de senaste åren intresset för att bygga energieffektiva byggnader ökat. Det har kommit fram många benämningar och begrepp för olika typer av lågenergihus beroende på graden av och inriktningen på energieffektiviseringen jämfört med traditionella hus, exempelvis lågenergihus, passivhus, nollenergihus och plusenergihus. Det börjar också bli vanligare att kommuner upprättar egna kravspecifikationer för exempelvis markanvisningar. Här beskrivs några av de koncept/begrepp som förekommer i Sverige.

6.1 Lågenergihus

Begreppet lågenergihus har ingen vedertagen definition utan syftar på byggnader som har en betydligt lägre energianvändning än hus byggda enligt praxis eller enligt byggnormen. Generellt sett har lågenergihus ett lågt behov av tillförd energi under driftfasen, det vill säga värmeförlusterna från klimatskal och ventilation är minimerade. Begreppet lågenergi kan också innebära en strävan att använda förnybar energi.

Vid projektering av ett lågenergihus är det lämpligt att använda sig av Kyotopyramiden, där man börjar nerifrån med att minimera värmebehov och elbehov. Därefter utnyttjar man solenergin och det sista steget är att välja energikälla för den resterande energianvändningen. På detta sätt minskas byggnadens effektbehov, vilket ur ett långsiktigt perspektiv är viktigare än ett lågt behov av köpt energi. Exempelvis är inte en värmepump lösningen för att få ner behovet av köpt energi i ett hus med annars högt effektbehov, vilket är vanligt vid effektivisering av befintlig bebyggelse.



Figur 1. Kyotopyramiden. Källa: Den Norske Stats Husbank i samarbete med SINTEF och Byggforsk

6.1.1 Passivhus

Passivhuskonceptet syftar till att minimera byggnaders energibehov, primärt genom att byggnadernas värmeförluster reduceras med i första hand passiva åtgärder. Detta sker genom ett mycket välisolerat och lufttätt klimatskal, energieffektiva fönster och dörrar samt en effektiv värmeåtervinning ur ventilationsluften. Byggnadens minimala värmebehov täcks till största delen av de boende, elektriska apparater samt belysning. De kallaste dagarna under året behövs endast en liten extra värmekälla som spets.

Det finns en tydlig kravspecifikation för passivhus, framtagen av FEBY (Forum för energieffektiva byggnader) på uppdrag av Energimyndigheten (FEBY 2009a). Kravspecifikationen utgår ifrån den funktionella definitionen av Passivhus, det vill säga att värmebehovet ska klaras med en distribution av värme via hygienluftsflödet. Det är dock inget krav att tilluften ska användas för värmedistribution.

Värmebehovet uttrycks som ett effektbehov vid dimensionerande utomhustemperatur. Kravspecifikationen innehåller förutom krav på effekt- och energibehov, även krav på klimatskal och innemiljö. Indirekta krav ställs på förnybar energi genom viktning av energislag. Det finns även ett tillkommande krav för passivhus som nollenergihus. Detta redovisas under avsnittet om nollenergihus nedan.

Med tanke på att det kvarvarande värmebehovet som aktivt behöver tillföras är ytterst litet, så är det varken nödvändigt eller ekonomiskt försvarbart att installera ett traditionellt värme- och radiatorsystem. De extra kostnader som läggs på klimatskalet uppvägs delvis av att de avgående kostnaderna på värmesystemet.

6.1.2 Minienergihus

Kraven för begreppet minienergihus har liksom begreppet passivhus utarbetats av FEBY, Forum för energieffektiva byggnader och presenteras i FEBY Kravspecifikation för Minienergihus, version 2009. Dessa krav tillåter högre energi- och effektnivåer än för passivhus. Effektkraven är ställda så att man inte kan försörja byggnaden med värme enbart med hjälp av hygienluftflödet som i passivhus, utan man behöver komplettera luftvärmesystemet med recirkulation eller ett konventionellt värmesystem. Förutom energi- och effektkrav ställs också krav på ljud, termisk komfort, luftläckning, fönster och mätning.

6.1.3 Nollenergihus

I den svenska kravspecifikationen för Passivhus finns ett tillkommande krav för passivhus som nollenergihus. Kravet innebär att summan av använd energi skall vara

mindre än eller lika med summan producerad energi under ett år.

FEBYs krav stämmer överens med den definition för nollenergihus som presenteras i Torcellinis rapport från 2006. Där presenteras olika definitioner för nollenergihus som skiljer sig något åt beroende på om man fokuserar på platsens energiproduktion, primärenergien, energikostnaden eller emissionerna från energianvändningen.

Förutom att nettoenergianvändningen skall vara noll sett på årsbasis skall energibehovet täckas med lågkostnads-, lokalt tillgänglig, ickeförorenande, förnybar energi (Torcellini 2006). Dock accepteras traditionell el från nätet vid de tillfällen då den lokalt producerade energin inte räcker till. Överskottsel kan levereras till nätet. Helst skall överskott och underskott vara balanserat över året. Tillgängliga tekniker för lokal energiproduktion är solceller, solfångare, vindkraft, vattenkraft och biobränsle.

6.1.4 Plusenergihus

Plusenergikonceptet motsvarar nollenergikonceptet, men innebär att den producerade energimängden skall vara större än den köpta sett över ett år. Energislag skall vara lågkostnads-, lokalt tillgänglig, ickeförorenande och förnybar. Traditionell el från nätet accepteras vid de tillfällen då den lokalt producerade energin inte räcker till (Blomsterberg 2009). Överskottsel levereras till nätet. Först bör energieffektivitet säkerställas, därefter användning av förnybar energi. Precis som för nollenergihus kan olika definitioner användas beroende på fokus på platsens energiproduktion, primärenergien, energikostnaden eller emissionerna från energianvändningen.

6.1.5 Plusvärmehus

Ett plusvärmehus producerar mer värme än det förbrukar och levererar tillbaka överskottet till fjärrvärmenätet under den varma delen av året. Om det är aktuellt att bygga ett plusvärmehus beror på om det lokala fjärrvärmebolaget är intresserat av att ta emot överskottet av värme under sommarhalvåret. Man kan också installera mer solfångarkapacitet än vad huset behöver och därmed leverera tappvarmvatten till befintliga bostäder i omgivningen, till exempel vid en ombyggnad.

6.1.6 Egenvärmehus

Detta koncept påminner mycket om passivhuskonceptet, det vill säga ett välisolerat hus med tätt klimatskal och värmeväxling i ventilationen, där det i stort sett räcker med den värme som kommer från de boende, hushållsapparater och solinstrålning för att täcka husets värmebehov. Ambitionen är att det tillskott som behövs skall täckas av jordvärme och solenergi (Gunne 2008). Enligt konceptet skall den totala energianvändningen vara kring 75 kWh/m²,år inklusive hushållsenergi för ett flerbostadshus.

6.1.7 Smarta hus

Smarta hus gäller framförallt bostäder och har egentligen ingen koppling till låg energianvändning. ”Smartheten” består av mer it-relaterad utrustning än vad som normalt används. It-utrustningen kan dock användas för att styra värme- och ventilationssystem, belysning och hushållsapparater till exempel med avseende på närvaro. Systemet medger också ett flertal smarta tjänster, till exempel automatisk avstängning av spis vid låsning av ytterdörr, diverse larm exempelvis för fukt i våtrum och hög temperatur för spis, kyl och frys och ”tänkande” kylskåp med it-baserade tjänster (Broomé 2002).

7 Lagstiftning

7.1 Miljömål 2020

Riksdagen har antagit 16 miljö kvalitetsmål. De presenteras bland annat i Miljömålsportalen. Miljö kvalitetsmålen beskriver den kvalitet och det tillstånd för Sveriges miljö, natur- och kulturreсурser som är ekologiskt hållbara på lång sikt. Målen ska nås till 2020 (2050 då det gäller klimatmålet). Regeringen har inrättat ett miljömålsråd som ansvarar för uppföljning av miljö kvalitetsmålen.

Miljö kvalitetsmålen syftar till att:

- främja människors hälsa
- värna den biologiska mångfalden och naturmiljön
- ta till vara kulturmiljön och de kulturhistoriska värdena
- bevara ekosystemens långsiktiga produktionsförmåga
- trygga en god hushållning med naturresurserna

De mål som främst är kopplade till bebyggelse är målen Begränsad klimatpåverkan och God bebyggd miljö. Indikatorer som följer upp klimatmålet är bland annat energianvändning och vindkraftsel. Under 2008 beslutade EU om minskade utsläpp med 20 procent till år 2020 jämfört med 1990. Sverige ska minska dessa utsläpp med 17 procent. För att nå målen har handlingsplaner antagits. Bland annat skall minst 50 procent av Sveriges energianvändning år 2020 komma från förnybara energikällor och energieffektivisering med 20 procent skall ske till 2020. Till förnybar energi räknas vindkraft, solenergi, vågenergi, geotermisk energi, biobränslen och vattenkraft.

Ett av delmålen för miljö kvalitetsmålet God bebyggd miljö är Energianvändning med mera i byggnader (2020/2050). Delmålet lyder: Den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler minskar. Minskningen bör vara 20 procent till år 2020 och 50 procent till år 2050 i förhållande till användningen 1995. Till år 2020 skall beroendet av fossila bränslen för energianvändningen i bebyggelse sektorn vara brutet, samtidigt som andelen förnybar energi ökar kontinuerligt (Miljömålsportalen 2010).

Enligt Miljömålsportalen är miljö målsrådets bedömning av om målet för energianvändning mm i byggnader att utvecklingen går åt rätt håll eftersom uppvärmningen blir mer energieffektiv, andelen förnybar energi ökar och andelen fossila bränslen minskar. Det är dock osäkert om de angivna målnivåerna kan nås i tid utan ytterligare åtgärder.

7.2 EU:s energidirektiv om byggnaders energiprestanda

I slutet av 2009 enades EU om en förändring av direktivet om byggnaders

energiprestanda. Det innebär att alla nya byggnader som uppförs från och med 2021 skall vara hus med näst intill inget behov av tillförd energi, så kallade nära-nollenergi-byggnader (NNE-byggnader). För offentliga byggnader gäller direktivet från och med 2019. Energiförsörjningen skall i mycket hög grad ske med förnybar energi, inklusive förnybar energi som produceras på plats eller i närheten. Direktivet medger anpassningar till lokalt klimat och nationella förhållanden, men endast i liten utsträckning.

Direktivet gäller också vid ”större ombyggnad” och vid tillbyggnad av befintliga byggnader. Större ombyggnad gäller om ombyggnation av klimatskal eller tekniska installationer kostar mer än 25 % av byggnadsvärdet eller om mer än 25 % av klimatskalet renoveras (Eriksson 2009).

En nationell strategi skall tas fram av Energimyndigheten, vilken skall redovisas under hösten 2010. I den ingår bland annat att se över behov av ekonomiska styrmedel, till exempel tekniskt stöd, subventioner och andra finansiella incitament. Under 2011 väntas en proposition och under 2012 skall direktivet införlivas i svensk lag (Dickson 2010).

7.3 Ellagen

I Sverige är det ellagen (SFS 1997:857) som är det regelverk som styr elproduktionsmarknaden. Enligt ellagen har tidigare alla elproducenter varit bundna till nätavgifter. Enligt SR (Sveriges radio) beräknades 400 elproducenter under 2009 avstå från att sälja sitt elöverskott från t ex solceller och vindkraftverk på grund av nätavgifter på mellan 1500 och 5000 kr per år (Miljörapporten 2009). 2007 tillsattes en nätanslutningsutredning under Lennart Söder, professor på KTH, med uppgift att utvärdera om regelverket för förnybar elproduktion skapar hinder för en storskalig utveckling och utbyggnad av den förnybara elproduktionen och se över nätavgifterna för mindre elproduktionsanläggningar. Lagen har tidigare ställt krav på timvis mätning, något som varit dyrt för mindre anläggningar. Förslag skulle också tas fram på riktlinjer för ersättning för inmatning av el från mindre produktionsanläggningar.

2008 levererades utredningen ”Bättre kontakt via nätet – om anslutning av förnybar elproduktion”. Nätanslutningsutredningen hade som mål att främja utvecklingen av produktion av förnybar el. Bland annat föreslogs att små kraftverk skulle kunna anslutas utan timmätning, vilket skulle leda till lägre kostnader för producenten. Vidare föreslogs lättnader vad gäller koncessionshanteringen för elnät och administrativa riktlinjer för hur producenter och nätföretag skall komma överens vid anslutning. Utredningen föreslog också att nätavgiften skulle vara 3 öre per kWh istället för den 1500 kW-gräns för nedsatt avgift som gällde. Förslagen skulle enligt utredningen leda till mer egenproducerad el, förenklad och snabbare nätanslutning av anläggningar och mer samhällsekonomisk utbyggnad av produktionen av förnybar el.

2009 lämnades Energinätutredningens betänkande ”Koncessioner för el- och gasnät”, SOU 2009:48. Förslagen innebär ett tydligare och mindre kostnadskrävande regelverk för inmatning av förnybar el.

Efter lagrådsremiss, proposition, utskottsbetänkande och till slut riksdagsbeslut infördes förändringar i ellagen (1997:857) den 1 april 2010. Lagen innebär lättnader för de som har mycket småskalig elproduktion eller producerar förnybar el. För en elanvändare som har säkringsabonnemang på högst 63 A och högst kan leverera 43,5 kW till elnätet försvinner nätavgiften. Detta gäller endast då elanvändaren tar ut mer el från nätet än vad som matas in på nätet under ett kalenderår.

För en produktionsanläggning som kan leverera högst 1500 kW skall enligt lagändringen endast behöva betala den del av avgiften som motsvarar den årliga kostnaden för mätning, beräkning och rapportering på koncessionshavarens nät. Dessutom skall anslutningsavgift betalas.

Lagändringen ger också lättnader i kraven på nätkoncessionshavare för ledningar som i huvudsak matar in förnybar el när det gäller upprättande av risk- och sårbarhetsanalys avseende leveranssäkerhet, åtgärdsplan för förbättring av leveranssäkerhet, avbrottsersättning samt skadestånd.

Med den nya lagändringen skall det med andra ord bli lättare att få tillstånd att koppla in sig på nätet och administrationen skall underlättas.

7.3.1 Hinder med ellagen

Innan beslut skulle fattas om den nya ellagen lämnades en motion till riksdagen (Bolund et al 2009). Motionen tar upp några hinder för utvecklingen av småskalig elproduktion i lagförslaget. Bland annat tas frågan om nettomätning upp. Nettomätning innebär att den småskaliga elproducenten får kvitta den överskottsel som levereras ut på nätet mot den som producenten köper in när den egna produktionen inte räcker till. I utredningen Bättre kontakt via nätet (SOU 2008:13) föreslogs att nettodebitering skulle göras månadsvis, men i lagförslaget föreslås timmätning, vilket gör att nettodebiteringen inom månaden helt försvinner. I motionen föreslås att nettodebiteringen skall förlängas till att gälla kvartalsvis, vilket skulle innebära bättre förutsättningar för småskaliga elproducenter att vara nettokonsumenter. Också Svensk Energi (bransch- och intresseorganisation för elförsörjningsföretag inom nät-, handel- och produktion i Sverige) anser att nettodebitering borde införas (Jansson 2009). Energimarknadsinspektionen håller på med en utredning om nettodebitering. Den väntas vara klar i slutet av 2010.

Motionen tar också upp reglerna om att nätavgiften tas bort för småskaliga elproducenter om de tar ut mer el från nätet än vad som matas in på nätet under ett kalenderår. De som däremot har ett överskott i sin produktion under ett kalenderår får betala nätavgiften. Det

innebär att producenter kan bli tvungna att stänga av sina anläggningar eller att man får överkonsumera i slutet av året för att inte riskera att i efterhand få betala nätavgiften. Det minskar både elproducenternas avkastning på sin investering och samhällets nytta av den producerade elen.

I en rapport från Elforsk (Palm 2009) ses kravet på timvis mätning som ett problem. Timvis mätning kostar mycket pengar för en småskalig producent. Enligt rapporten ligger kostnaden för att installera mätare som kan inkommande och utgående el på ca 3-4000 kr, vilket är en större kostnad än värdet av den producerade elen under ett år i en mindre anläggning. Även elbolagen är kritiska till timmätning för småkunder på grund av att företagets administration för att hantera alla data skulle öka.

Med den nya lagstiftningen har regeringen öppnat för att man skall kunna koppla in sig på elnätet, men man får inte säkert betalt för elen. Det är upp till varje elbolag att avgöra om levererad el ut på elnätet ersätts ekonomiskt. I nuläget tillåts ofta kunder att ansluta sig till nätet med egen el, men man får inte betalt för den producerade elen. I vissa fall får man en viss ersättning, som hos elbolaget Utsikt, där man kan få 50 öre per kWh levererad el (Åslund 2010). Den köpta elen kostar dock cirka tre gånger mer.

7.4 Solcellsbidrag

I Sverige kan man under åren 2009-2011 ansöka om bidrag för installation av solceller. Stödet regleras av Förordning om statligt stöd till solceller, SFS 2009:689. Stödet riktas till alla typer av aktörer, såväl företag och offentliga organisationer som privatpersoner. Stödet kan även ges till solel/solvärmehybridsystem - ett system som ger både solel och solvärme i en integrerad konstruktion. Stöd kan ges till alla typer av nätanslutna solcellssystem och för installationer som påbörjats tidigast den 1 juli 2009 och slutförts senast den 31 december 2011.

Stödnivån är maximalt 60 % av investeringskostnaden, utom för stora företag som kan få upp till 55 % av kostnaderna täckta. Investeringsstöd gäller för projektering, material och arbetskostnader. Det finns ett tak på 2 miljoner kronor per solcellssystem och högst 75 000 kronor plus moms per installerad kilowatt elektrisk topp effekt. Information om solcellsstödet ges på Energimyndighetens hemsida (se referenslistan), där också ansökningsblanketter finns. Länsstyrelsen fattar beslut om stöd.

7.5 Lagstiftning i Europa

I Tröskeleffekter och förnybar energi (Svenska kraftnät, 2009) jämförs stödsystem, nättariffer samt kostnad och ansvar för nätanslutning och nätförsäkringar för de länder i Europa som har haft den största utbyggnaden av vindkraft, det vill säga Danmark, Portugal, Spanien och Tyskland.

I Danmark styrs priset på den producerade elen från vindkraft av marknadspriset på elmarknaden med ett pristillägg på 10 danska öre per kWh (utöver marknadspriset) och dessutom 2-3 öre per kWh som skall täcka balanseringskostnader. De som producerar förnybar energi får räkna av den från sin elnota. De betalar inga avgifter eller tillägg för den egenproducerade elen. Nettoavräkning sker på timbasis förutom för solel som avräknas per år (Hållén et al 2009). En ändring är på gång som innebär att all egenproducerad el i stället skall avräknas på månadsbasis. Ett särskilt stöd finns för vindsnurror under 25 kW.

Portugal har ett stödsystem som baseras på feed-in-tariffer (företbestämd ersättning). Tarifferna definieras för olika sorter av förnybar el och består av en konstant del beroende på installerad effekt, en rörlig del beroende på producerad energi och en del som skall kompensera för utebliven miljöpåverkan på grund av den förnybara elproduktionen.

I Spanien kan producenter välja mellan ett stödsystem med feed-in-tariffer och ett system där ersättningen är marknadspriset plus ett fast tillägg (det senare gäller inte för solel). Även Tyskland har använt feed-in-tariffer. Ersättningsnivån varierar mellan olika typer av förnybar el. Ersättningen för el från solceller är fyra gånger högre än marknadspriset, vilket gör att investeringarna ofta betalar sig på halva tiden jämfört med vad de annars skulle gjort (Hållén et al 2009). Subventionerna gäller i 20 år.

Nätavgifter, som används för att fördela kostnader för nätutbyggnader, nätförstärkningar, nätförluster, drift- och underhållskostnader mm till användare, betalas i Sverige både av användare och producenter till nätkoncessionshavaren. I andra länder såsom Spanien, Portugal och Tyskland betalar inte elproducenterna någon nätavgift. Nättarifferna har då ingen påverkan på utbyggnaden av förnybar elproduktion. I Danmark betalas 2-5 % av nättarifferna av producenter och resten av förbrukare. I Sverige är motsvarande siffra 25 % för producenterna (Svenska kraftnät, 2009).

Reglerna i Tyskland och Spanien, med ett system med fast pris för den levererade förnybara elen och det fasta priset ligger högre än marknadspriset, gör att anläggningar med förnybar elproduktion kan betala tillbaka sig på kortare tid än de annars skulle gjort. Detta har gjort att industrin för förnybar elproduktion har ökat kraftigt (Bolund 2009).

8 Teknik kopplad till småskalig energiproduktion

8.1 Vindkraft

Det finns olika typer av småskaliga vindkraftverk. Vissa modeller kan monteras på byggnader. Andra är fristående och placeras i anslutning till byggnaderna. Den vanligaste typen har en horisontell axel som rotorn sitter på, men i urban miljö är det vanligt med vindkraftverk med vertikal axel. När det gäller elproduktion för plusenergihus kan det vara aktuellt både med sådana som kan placeras på till exempel ett flerbostadshus och fristående vindkraftverk som kan serva hela bostadsområden.



Figur2. Vindkraftverk med horisontell axel. Källa NCC

Vindkraftverk producerar el vid vindhastigheter på ca 3-25 m/s. Vissa små vindkraftverk för urban miljö startar vid ca 2 m/s. Vid vindstyrkor som är högre än ca 25 m/s anpassas vindens kraft (genom att vinden släpps förbi) till maxeffekten på kraftverkets generator.

Det viktigaste för om det är lönsamt med ett vindkraftverk är att det blåser bra på platsen. Effekten som vindkraftverket ger ökar med vindhastigheten. Om vindhastigheten ökar med en halv gång, till exempel från 4 till 6 meter per sekund, ökar elproduktionen med mer än två och en halv gånger (Energimyndigheten 2010a). Hur bra det blåser hänger ofta ihop med hur högt man placerar kraftverket, men även hur omgivningarna ser ut. Det viktigaste för att bedöma hur mycket det blåser på den plats och höjd man tänker placera kraftverket är hur vinden bromsas av marken. På slättlandskap och vid havet är vindstyrkan mycket högre än i terräng med höga buskar och med skog eller hus. I urban miljö på en byggnad bromsar (stör) både den egna byggnaden och kringliggande byggnader.

Man bör mäta vindhastigheten på platsen innan man tar beslut om ett vindkraftverk eller vilket vindkraftverk som skall väljas. En sådan mätning bör göras över en längre tid (flera månader) då det är viktigt att få med variationer i vindhastigheten. Detta är nödvändigt för att kunna uppskatta den förväntade elproduktionen.

Hur mycket el man får från ett vindkraftverk beror alltså helt och hållet på hur mycket det blåser. Som exempel kan ett mindre vindkraftverk på 2 kW vid en medelvind på 7 m/s ge 3000 kWh/år. Ett vindkraftverk på 30 kW kan vid en medelvind på 4 m/s ge 32 900 kWh/år och kan med en medelvind på 6 m/s ge 86 000 kWh/år (Energimyndigheten 2010a).

Investeringskostnaden för små vindkraftverk ligger på ca 50 000 kr per kW, vilket då ger ca 1000 till 2000 kWh per år, beroende på hur mycket det blåser (Ehrenberg 2010). Vindkraftverk har normalt en livslängd på 20-25 år.



Figur3. Vindkraftverk med vertikal axel. Källa Egen El, fotograf Gunilla Welin

Vindkraftverk kan ge störningar för omgivningen. Störningarna kan vara i form av ljud, skuggor och reflexer och om man bygger ett vindkraftverk på en byggnad får man även vara uppmärksam på vibrationer. Ett bra vindkraftverk är oftast konstruerat så att ljud från själva kraftverket är minimerat men ljud från bladen (svischande) ger ofta ett hörbart ljud. För att få bygglov är gränsvärdet för ljud vanligtvis 40 dB(A) vid bostäder. För skuggor får man göra en teoretisk beräkning av skuggtiden (utan hänsyn till molnighet) vanligtvis godtas en skuggtid på 30 h/år. Reflexer kan man komma undan med rätt ytbehandling.

För att få bygga ett vindkraftverk behövs bygglov (bygglov behövs om turbindiametern överstiger 2 m, om vindkraftverket är fast monterat på en byggnad eller om kraftverket är närmare tomtgräns än kraftverkets höjd).

När man planerar vindkraftverk skall man ta kontakt med det lokala elnätsföretaget. Det är elnätsföretaget som avgör om kraftverket får anslutas till elnätet även om det sker

inom den egna byggnadens elinstallation. Elnätsägaren är ansvarig för säkerheten i elnätet. Det krävs dock synnerliga skäl från elnätsägaren för att inte ansluta en anläggning som är tekniskt fullgod. Vindkraftverket skall vara CE-märkt. Installationen och anslutningen vindkraftverket måste göras av en behörig elinstallatör som även kan sköta kontakten med elnätsbolaget.

I urban miljö är vertikala vindkraftverk lämpliga på grund av att de inte är lika känsliga för vindriktning som horisontella. De är dock än så länge inte så vanligt förekommande i Sverige. En genomförd installation har gjorts av Familjebostäder i Göteborg. Vindkraftverket är placerat på ett sjuvåningar högt flerbostadshus. Det är ett vertikalvindkraftsverk på 6 kW som beräknades ge upp mot 20 000 kWh/år, vilket motsvarar 10 % av elanvändningen i byggnaden. Det har dock varit vissa problem med både vibrationer och att verket inte levererat utlovad mängd energi.

På NCC:s huvudkontor i Solna skall ett vertikalt vindkraftverk placeras på taket i syfte att utvärdera den här typen av vindkraftverk. Det 2 m höga vindkraftverket skall producera 2,5 kW vid en vindhastighet på 8 m/s. Den startar vid en vindhastighet på under 2 m/s. Inför valet av typ av vindkraftverk gjordes mätningar under tre månader. Medelvinden var då 2,7 m/s och man räknar man med att verket skall ge ca 2000 kWh/år.

8.2 Solceller

I solcellen omvandlas solljus till elektrisk energi. Solcellerna seriekopplas och byggs ihop i moduler. Den vanligaste typen av solcell tillverkas av kiselskivor. Skivorna kan vara enkristallina och polykristallina. Moduler kan också tillverkas i tunnfilmsutförande. De olika typerna har olika utseende. Kristallina kisel-solceller är oftast blå men kan varieras i färg genom att variera cellernas antireflexbehandling, till exempel bruna eller gröna nyanser. Tunnfilms-solceller är nästan svarta med dragning åt rött eller blått.

Solcellsanläggningar kan vara anslutna till elnätet eller vara fristående (icke nätanslutna) system. I ett fristående system lagras överskottsenergi i batterier för senare användning. Om solcellerna skall vara nätanslutna matas elen ut på elnätet via en växelriktare. När det gäller nätanslutna system skiljer man på centraliserade och distribuerade anläggningar. Centraliserade anläggningar är oftast större anläggningar placerade i fält, som producerar el till elnätet. Distribuerade anläggningar är till exempel byggnadsintegrerade anläggningar som producerar el till byggnaden, men också är kopplade till elnätet. Byggnadsintegrerade solceller kan integreras med till exempel tak, fasader, balkongräcken och fönster.



Figur 4. Kvarteret Holmen i Hammarby Sjöstad med solceller på fasad. Källa: NCC

De vanligast använda solcellerna har en verkningsgrad på 12-15 % (Energimyndigheten 2010 b). I södra Sverige är solstrålningen mellan 900-1000 kWh/m². En kvadratmeter solceller ger cirka 130 W. En anläggning på 1 kW (ca 8 m² solceller) på ett tak med en lutning på 30-50 grader mot söder ger cirka 800-900 kWh/år. Det innebär att det för ett småhus med en hushållselanvändning på 5000 kWh/år, behövs ca 45 m² solcellsytta för att täcka hela årsbehovet. För ett flerbostadshus räcker inte takytan till för att täcka elanvändningen med hjälp av solceller, utan det är nödvändigt att också använda fasaden. För solceller som placeras vertikalt på fasad minskar den producerade elen till ca 600-700 kWh per kW och år.

Det är viktigt att man vid planering av solcellsanläggningar tar reda på hur stor del av anläggningen som kommer att skuggas och att man undviker skuggning från träd, lyktstolpar, utskjutande byggnadsdelar mm. Nya hus kan också hamna framför solcellsanläggningen. Man kan dock inte helt undvika skuggning under vissa årstider och vissa tider på dagen.

Elproduktionen hos solceller är tyst utan rörliga delar. Till följd av detta är underhållskraven på en solcellsanläggning låga. Solceller har i dag en livslängd på 25 år. Man räknar med att växelriktaren i solcellsanläggning behöver bytas högst en gång under

solcellskraftverkets livslängd. Solcellsmoduler behöver oftast inte rengöras för att upprätthålla funktionen. Det sköts av blåst och regn. Rengöring kan dock behövas för utseendets skull. Snö kan behöva tas bort, men vanligtvis behöver man inte snöröja modulerna då lutningen och uppvärmning av solen gör att snön glider av.

Mindre solcellsanläggningar kostar ca 60 000 kr per kW idag. Priset har gått ner det senaste året. För större anläggningar på ca 20 kW kan priset komma ner i ca 40 000 kr per kW (Ehrenberg, 2010). Moduler med tunnfilmutförande är något billigare (ca 10 %), men har en lägre verkningsgrad på 7-11 %.

Man kan ansöka om bidrag för solcellsanläggningar på upp till 60 % av investeringskostnaden. Mer om det står under kapitlet om lagstiftning i denna rapport.

Alla solcellsanläggningar kräver bygglov. Vid nybyggnation är det viktigt att man har med solcellsanläggningen i bygglovet. När man planerar solcellskraftverk skall man ta kontakt med det lokala elnätsföretaget. Det är elnätsföretaget som avgör om kraftverket får anslutas till elnätet även om det sker inom den egna byggnaden elinstallation på grund av att det är elnätsägaren som är ansvarig för säkerheten i elnätet. Det krävs dock synnerliga skäl från elnätsägaren för att inte ansluta en anläggning som är tekniskt fullgod. Solcellsanläggningen skall vara CE-märkt. Installationen och anslutningen av anläggningen måste göras av en behörig elinstallatör som även kan sköta kontakten med elnätsbolaget.

På marknaden finns även kombinationer av solceller och solfångare. Till exempel har företaget Absolicon utvecklat en produkt som kombinerar solceller och solfångare i samma modul. Produkten är anpassad för större byggnader, till exempel hotell, sjukhus, flerbostadshus, sportanläggningar och industrier, där man har ett stort värmebehov under sommarhalvåret. Produkten kan placeras på tak eller på mark. Den har ett ”tråg” av metall som koncentrerar solenergin och vrider sig efter solen med hjälp av ett solföljningssystem.



Figur 5. Solfångare kombinerad med solceller. Källa: Absolicon

8.3 Stirlingmotor

Stirlingmotorn är en gammal uppfinning som har vidareutvecklats i Sverige. Det är en motor som producerar elektricitet och drivs av värme. Det spelar ingen roll hur värmen skapas. Den kan till exempel komma från biogas, naturgas eller solenergi. Som bieffekt får man också värme. Motorn är både tyst och vibrationsfri.

Motorn fungerar genom att en arbetsgas (helium eller vätgas) omväxlande värms upp och kyls ner i en intern krets. På grund av att gasen expanderar när den värms upp och dras samman när den kyls ner sätts två kolvar i rörelse. Kolvarna driver en vevaxel. Via en generator omvandlas energin till elektrisk ström.

Stirlingmotorn finns i olika storlekar. Företaget Ripasso Energi med koppling till Kockums är på gång att starta tillverkning av kraftaggregat med soldrivna stirlingmotorer. Solstrålningen koncentreras i en stor solparabol som skickar solvärmen till stirlingmotorn som är placerad i parabolens fokus. Dessa aggregat är främst avsedda för elbolag. De skall ge 25 kW el. Elproduktionen för en anläggning bedöms bli cirka 15 MWh per år. Det motsvarar ungefär hushållselen i fyra villor. I Malmö uppförs en sådan anläggning som skall generera el till en näraliggande sjukhusbyggnad (Eriksson 2010). Verkningsgraden beräknas bli 30 %, vilket är dubbelt så mycket som för solceller.

Företaget Cleanergy tillverkar en mindre motor som kan ge 9 kW el och 26 kW värme. Den kan kopplas till biogas, naturgas eller solenergi och man kan koppla ihop flera

maskiner parallellt. Mekaniken är standardprodukter inom bilindustrin. Biokraftverket är ca 1 m³ stor och väger 250 kilo. Den elektriska verkningsgraden är 25 %. Värmen som produceras kommer från kylningen av motorn. För att få lönsamhet i anläggningen är det därför viktigt att det finns ett värmebehov att täcka. För närvarande kostar ett biokraftverk ca 320 000 kr (vid köp av ett kraftverk) (Vestin 2010).



Figur 6. Biokraftverk med stirlingmotor. Källa: Cleanergy

Kraftverket skall enligt företaget vara enkelt att installera. Exempelvis behöver varianten med biogas anslutas till elnätet, biogasen, värmesystemet och till en skorsten. Om el och VVS är förberett bedöms installationen ta 1-2 arbetsdagar. Det skall också ha ett mycket litet underhållsbehov (Cleanergy 2010).

Om solvärme skall användas är solpanelen 50 m² stor och har en diameter på 8,5 m. Den är uppbyggd av 16 stycken 3 meter långa solpaneler. Enligt företaget är solvarianten dock inte lönsam i Sverige, utan är avsedd för export till länder med mer solstrålning än vad Sverige har.

8.4 Batterier

I stället för eller som komplement till att leverera ut överskottsel till elnätet kan batterier användas för att lagra överskottsenergi från till exempel sol- och vindkraftproduktion för senare användning under perioder med låg energiproduktion. På så sätt kan man ta tillvara den energi som produceras även om man för tillfället inte har något behov av den.

Batterier har en hög verkningsgrad (98 %), lång livslängd och kräver litet underhåll.

I ett småhus kan ett antal 12-voltsbatterier kopplas samman och fungera som husets

batterilager. I ett exempel från ett privat småhus i Örebro, som skall vara helt självförsörjande på energi, kan 40 kWh elenergi sparas i totalt 26 sammankopplade batterier (Scott 2010). Med en elanvändning på till exempel 3 kWh per dygn kan man då klara sig i cirka två veckor utan elproduktion i sol- och vindkraftanläggningarna. Kostnaden för batterierna var ca 80-100 000 kr och har en förväntad livslängd på 12 år.



Figur 7. 12-voltsbatteri för ellagring. Källa: NS Effektivare Energi

Större batterilager används också i de smarta elnäten som korttidslager, utjämning av belastningen i näten samt för att klara av effekttoppar.

8.5 Vätgaslager

Ett annat sätt att lagra energi är i vätgaslager och med hjälp av bränsleceller och elektrolysör omvandla energin mellan elenergi och vätgas (el in – elektrolysör – vätgas – bränslecell – el ut). Ur processen fås förutom el också värme. Verkningsgraden för denna process är låg. Tekniken är mycket kostsam, varför den inte anses vara en aktuell teknik för plusenergihus och presenteras inte närmare i denna rapport (NCC 2005).

8.6 Distribution

8.6.1 Smarta elnät

Det nuvarande elnätet är uppbyggt för att stödja centraliserad storskalig kraftproduktion, såsom vattenkraft-, kärnkrafts- och kraftvärmeverk. Elektriciteten transporteras enkelriktat från en central distributör ut till konsumenten. Produktionen styrs manuellt efter en förväntad förbrukning och brist på elektricitet löses med hjälp av reservkraftverk. Förnybar elproduktion, såsom sol- och vindkraft går inte att kontrollera på samma sätt. Produktionen varierar betydligt mer beroende på när det blåser och hur mycket solen skiner, vilket gör att det ställs högre krav på balanserande reservkraft eller energilager i elnätet. För att utvecklingen av småskalig elproduktion skall kunna fungera i elnätet behöver det alltså utvecklas.

En lösning på problemet är så kallade smarta elnät. Smarta elnät kan ta emot elproduktion

från olika håll i nätet och skicka el i båda riktningarna. Det kan också genom intelligent styrning styra både produktion och användning och är mycket mer flexibla än dagens elnät (ABB 2010).

Syftet med smarta elnät är att med hjälp av utökat informationsutbyte och avancerade modeller och styrfunktioner optimera driften och designen och på så sätt nå effektivitet, kostnadsbesparingar och tillförlitlighet med lägre koldioxidutsläpp.

Smarta elnät ställer inte bara krav på tekniken utan också på konsumenterna, som behöver anpassa sina konsumtionsmönster. Användningen av elen måste anpassas till produktionen. Det kan innebära att industrin eller privatkonsumenten går med på att begränsa en del av sin elanvändning när det är hög belastning på elnäten och att till exempel användningen av elapparater anpassas till tider när belastningen på nätet är låg. För att jämna ut belastningen på det sättet krävs bland annat smarta styrsystem och smarta elmätare.

I Stockholm pågår utvecklingen av stadsdelen Norra Djurgårdsstaden, som skall bli en miljövänlig stadsdel (Hållén 2009). Ett automatiserat elnät med avancerad styrning skall göra att energianvändningen minskas. Mätare och olika it-system skall visa konsumenterna hur mycket el de använder och hur mycket det kostar vid olika tidpunkter. På så sätt skall konsumenterna till exempel kunna ställa in att diskmaskinen, värmesystemet eller ventilationen körs när elpriset och miljöpåverkan är lägst. Förnybara energikällor skall matas in och nätet kan också utrustas med energilager för att hantera belastningstoppar.

Elbilar som laddas via laddstolpar kopplade till elnätet är också en del i planen. Bilen laddas snabbt på tider då efterfrågan på el är liten. Elbilarna kan då också fungera som energilager för hushållen vid belastningstoppar. Utvecklingen av stadsdelen drifts av Fortum och ABB tillsammans med Stockholms stad.

9 Minskning av elbehov

När det gäller byggande av plusenergihus är förutsättningen att man förutom att man installerar teknik för elproduktion också minskar behovet av elanvändning i byggnaden. Tekniken för elproduktion är dyrare än alternativet att bygga traditionellt och köpa el. För att inte behöva installera mer teknik än vad som verkligen behövs och få en kortare återbetalningstid för en investering i teknik för elproduktion är det alltså nödvändigt att minska på elanvändningen för all utrustning som finns i byggnaden.

Det handlar om att till exempel minska på elanvändningen för belysning, fläktar och pumpar, vitvaror och andra hushållsapparater. Dels får man välja de energieffektivaste apparaterna på marknaden och dels välja teknik med låga installerade effekter. När det gäller belysning kräver LED-tekniken betydligt mindre elanvändning än annan typ av belysning.

Man måste också se till att apparater inte står i standby-läge, vilket drar energi utan att apparaten används, helt i onödan. Så mycket som 30-40 % av apparaters energianvändning under sin livslängd kan gå åt när de står i standby-läge (Energimyndigheten 2010). Det innebär att 10 % av hushållselen kan gå åt i onödan.

Beteendet hos boende och brukare påverkar i stor utsträckning energianvändningen. Detta projekt går inte närmare in på detta, men självklart måste frågan beaktas i ett aktuellt projekt och teknik som underlättar energibesparing installeras.

I ett småhus i Örebro som nyligen tagits i bruk har stort fokus lagts på att minska elanvändningen för att kunna vara självförsörjande på energi. Bland annat har de energieffektivaste apparater och vitvaror på marknaden valts, belysningen består av LED-teknik och lågenergilampor och strömbrytare har installerats till alla apparater som drar standby-ström. Man räknar med att elanvändningen kommer att vara ungefär en femtedel av vad en genomsnittsvilla drar i hushållsel (Scott 2010).

10 Referensprojekt

10.1 Plushus i Åkarp

Under 2009 slutfördes byggnationen av Sveriges första plusenergihus. Huset, en 1,5-plans villa, är beläget i Åkarp norr om Malmö och har en golvarea om 150 m². Fönsterarena motsvarar 22 % av golvarean. Det beräknade uppvärmningsbehovet uppgår till 15 kWh/m², år inklusive tappvarmvatten. Byggkostnaden, vilket inkluderar projektering, mark och anslutning, slutade på 21 600 kr/m² (Blomsterberg 2009).

Klimatskalet har likt passivhus en hög isoleringsgrad ($U=0,08$ W/m²,K, fönster 0,8) och mycket lufttät med målet 0,25 l/s,m². Slutlig mätning inväntas under året. Husets värme och ventilationssystem bygger på FTX-system och radiatorer, solfångare (18 m²) och pelletskamin som är ansluten till en ackumulatortank (2000 l). Värmeåtervinning sker också på avloppsvattnet. För elproduktion har huset försetts med solceller (32 m²) som ska producera 4200 kWh/år (Nordström 2010). Villans konsumtion beräknas uppgå till 2500 kWh resten levereras ut på Eons elnät. På grund av nuvarande regler och avgifter så skänks solelen till EON. Svårigheten ligger i hur kvittningen av producerad och förbrukad el ska ske vilket för närvarande sker timvis. Att lagra solelen i batteripaket har man i projektet avstått från på grund av kostnaden (Adalberth 2010).

För att hålla nere energianvändningen så har vatteneffektiva kranar och lågenergiarmaturer installerats i huset. Tvätt- och diskmaskiner förväntas klara sig på varmvatten från ackumulatortanken.



Figur 8. Villa Åkarp – Det första plushuset i Sverige. Fotograf: Adam Haglund

10.2 Förbos Plusvärmehus i Lerum

Det kommunala bostadsbolaget Förbo ska till sommaren (2010) starta byggnationen av plusvärmehus i Lerum. Området Höjdenvändan kommer att bestå av fyra tvåvåningshus om totalt 32 lägenheter och väntas stå färdiga för inflyttning under hösten 2011. Beräknad entreprenadkostnad är 23 000 kr/m² och en hyra om 1450 kr/m²,år (Hållén 2010a). Den specifika energianvändningen uppskattas till 54 kWh/m²,år (Hållén, 2010b). Eftersom husen inte har elproduktion så kvalificerar husen per definition inte sig till plusenergihus.

Klimatskalet är välisolerat med U-värden för tak/vägg/golv 0,09/0,12/0,11 W/m²,K samt fönster med U=0,9 W/m²,K. Husens täthet ska vara minst 0,3 l/sm². (Lindén 2010)

Husen ska ha taktäckande solfångare (300-350 m²) som integreras med Lerums fjärrvärmenät. Systemet ska kunna leverera 120-140 MWh/år, eller 58 kWh/m²,år. Ventilationen sker med separata lägenhetsfläktar med utetemperatur- och fuktstyrning samt att systemet är försett med sk hemma-borta knapp. Värmen distribueras genom radiatorer och ventilationen görs genom ett F-system som reducerar flödet vintertid.

I övrigt ska lägenheterna förses med individuell mätning av varm- och kallvattenanvändning. Allmänbelysningen ute är närvarostyrd. Motorvärmare har timer och utetemperaturbegränsning.

10.3 Energibo plusenergihus i Ronneby

I Ronneby har företaget Energibo byggt en villa om 145 m². Huset färdigställdes i februari, 2010 och ska under 1 år användas som visnings- och testhus där man kan få provbo huset. Uppvärmningsbehovet är beräknat till 12-15 kWh/m². Huset har ett försäljningspris på 2,5 milj kr men då ingår inte solceller som är tillval (Bärtås 2010).

Klimatskalet bygger på ett tyskt system (Wolf Therm Module) med U=0,1 W/m²K (fönster 0,8 - Traryd) (Energibo 2010). Det är ett modulsystem för bärande väggar med betongkärna omsluten av det nya isolermaterialet Neopor ($\lambda=0.031$) Tätheten har ännu inte provats men man räknar med en täthet om 0,3 l/sm² (Persson 2010).

Huset har ett FTX system (nyutvecklat system från System Air och Lindab) med vätskebatteri kopplad till ackumulatortank. Man hävdar att återvinningsgraden överstiger 90 %. Tilluften förvärms vintertid genom en 99 m lång markledning (200 mm kamflemsrör) på 1,8 m djup. Sommartid fungerar den som kylning av tilluften. I systemet finns en pumpanordning som avlägsna eventuell kondens. Under en kall vinterdag (-8°C) uppmättes en temperaturhöjning om 17 grader av inkommande luft (Jostemyr 2010). Ventilationen är behovsstyrd genom temperatur- och koldioxidgivare i varje rum. Till en

ackumulatortank kopplas 16 m² solfångare. Ackumulatortanken (fuel-tech) är utrustad med en elpatron. Man har också värmeåtervinning på avloppsvattnet från dusch, bad och tvättmaskin som samlas i en 300L tank och besparingen anges bli 30 %.

För elproduktion finns 14 m² solceller på taket som ger max 1800 W. Totalt beräknas man få ut 4000 kWh varav hälften planerar man att släppa ut på nätet. För detta har en dubbelmätare installerats för in- och utgående el. I detta fall är det Ronneby Miljöteknik AB (kommunalt bolag) som äger nätet där man har för avsikt att ta emot överskottet men man har ännu inte nått en överenskommelse. Det totala elbehovet beräknas uppgå till 3000 kWh. (Energibo 2010)

Huset har försetts med KNX (ett bussystem som knyter samman fastighetens tekniska funktioner som belysning, värme, ventilation, larm, solskydd mm) och belysning är av LED-typ.



Figur 9. Plusenergihuset i Ronneby. Källa: Energibo

10.4 Globalhus plusenergivilla i Onsala

I Onsala har en privatbostad med kontor för företaget uppförts. Huset omfattar 285 m² varav 65 m² upptas av kontoret. Fönsterarean motsvarar 30 % av golvytan och huset har på grund av utformningen stora luftvolymmer. Energibehovet uppskattas till ca 12 000 kWh/år inkl hushållsel. Produktionskostnaden uppskattas till 18 800 kr/m² (Söderberg, 2010).

Som övriga referensprojekt har även detta hus en hög isoleringsgrad ($U=0,086 \text{ W/m}^2, \text{K}$) och man hade i första provtryckningen uppnått en täthet om 0,11 l/sm². Klimatskalet består av EPS med infrästa träreglar och limträ. Skarvsystemet är enligt Globalhus utformat på ett sätt som gör att köldbryggor elimineras.

Husets har FTX-ventilation, (ute)luft/vatten-värmepump som tillsammans med solpanelerna kopplas till en ackumulatortank. Huset har också ett golvvärmesystem i bottenplan med tunna slangar vilket ökar cirkulationshastigheten och därmed kräver en lägre framledningstemperatur, dvs 25°C istället för 38°C.

För elproduktion installeras plana solcellspaneler om ca 40m² (ej helt fastställt) som ska motsvara ca 8-9000 kWh där nettomätning sker genom Fortum.



Figur 10. Plusenergihus från Globalhus. Källa: Globalhus

10.5 Aktivhusområde i Kungälv

I Kungälv planeras ett helt Aktivhusområde med planerad byggstart 2010. Det är dock först i etapp 2, 3 som det kommer ske byggnation med nettoproducenter, vilket kommer omfatta ca 400 bostäder. En arbetsgrupp bestående av representanter från KF Fastigheter, Riksbyggen, Kungälvsbostäder och Förbo har utarbetat statsdelens miljö- och energiprofil (Bärtås 2010). Förslaget är att stadsdelen i första hand ska utnyttja solenergiteknik för värmeproduktion och som ansluts till fjärrvärmenätet, samt solceller och eventuellt taksnurror för elbehov. KF-fastigheters byggnad kan till och med bli nettolieferantör av värme genom att värme som alstras av kylanläggningarna tas tillvara (Kungälv kommun 2009).

SP har fått i uppdrag att utreda byggnadsteknik och energisystem för området. Rapport väntas under våren 2010 (Lindell 2010).

10.6 Concept House

Concept House är ett koncepthus som utarbetats av NCC. Koncepthuset är en konferensanläggning på 900 m². Det övergripande målet för projektet var att utforma en byggnad som var helt självförsörjande på el- och värmeproduktion samt kylning med dagens då tillgängliga teknik (2005).

Huset är ett passivhus med välisolerat klimatskal (genomsnittligt U-värde är cirka 0,15 W/m²,K), noga utvalda installationer och en genomtänkt planlösning och arkitektonisk utformning. Energin produceras i solceller och två vindkraftverk. Solcellerna har en storlek på 960 m² (65 kW) och består av polykristallina solceller. Vindkraftverken är på vardera 22 kW. Concept House skulle vara helt självförsörjande på energi, varför lokal energilagring krävdes vid låg energiproduktion. För energilagringen användes vätgas och batterier. Batterierna (Li-jon-batterier), som tänktes användas i första hand då elförsörjningen inte var tillräcklig klarade effektoppar om 17 kW och ett batterilager om 50 kWh. Vätgasen skulle användas i andra hand via bränsleceller. Den förväntade mängden producerad el till huset var 51 MWh/år.

På grund av att förutsättningen var att huset skulle vara helt självförsörjande på energi i varje stund, krävdes en betydligt större teknisk anläggning, än om huset i stället skulle vara ett plusenergihus och har ett överskott av energi över året, men under perioder av hög belastning kunna köpa energi. Om man hade kopplat in huset på elnätet hade Concept House kunnat generera elenergi till ytterligare en likadan anläggning.



Figur 11. Concept House. Källa: NCC

10.7 Västra hamnen, Malmö, nätet som energilager

I Malmö har området Västra hamnen försetts med egen energiproduktion som vid behov kopplas ihop med ett större nät. Området består av bostäder, skolor, kontor, affärer och annan service. Tanken var att området om möjligt skulle bli självförsörjande på el- och värmeenergi. Vid överskott skulle Malmös fjärrvärme- respektive elnät användas för avlastning.

Elen produceras med hjälp av ett vindkraftverk på 2 MW och två mindre solcellsanläggningar på 200 kW som också fungerar som solskydd (Kretz 2010). Värmeproduktionen består av en akviferanläggning med tillhörande värmepump samt solfångare (plan- och vakuumsolfångare). Fjärrvärmenätet fungerar som en stor ackumulatortank för solvärme. I dagsläget finns nio solvärmesystem som alla ägs och drivs av Eon som också äger både fjärrvärme- och elnäten.

Eon gör årliga energibalanser. På grund av tekniska problem med vakuumsolfångarna och värmepumpen har värmeproduktionen inte varit så stor som planerat. Elproduktionssystemet har däremot klarat sig bättre. Att Eon ägt näten har underlättat för att installera vindkraft och solceller på nätet samt för att fokusera på att lösa de tekniska problem som uppstått.

11 Slutsatser

Marknadens intresse för miljöfrågor har ökat de senaste åren. Många företag ser fördelarna med att vara framåt på energi- och miljöområdet och på så sätt stärka sin image. Olika koncept för energi och miljöprestanda, till exempel GreenBuilding, BREAM- och LEED-certifiering, passivhus med flera, används allt oftare i marknadsföring av nyproducerade byggnader. Detta driver naturligtvis på utvecklingen.

EU:s nyligen beslutade direktiv om energiprestanda i byggnader kommer sannolikt att leda till att de svenska lagkraven skärps när det gäller energianvändning och krav på användning av förnybar energi. Också detta kommer att driva på utvecklingen för teknik som stödjer byggande av plusenergihus.

De plusenergiprojekt som än så länge är genomförda har i de flesta fall drivits av privatpersoner med ett stort energi- och miljöintresse. Det har i de flesta fall också handlat om småhus. För att tekniken skall börja användas på bredare front behöver återbetalningstiden för investeringen bli kortare.

Ekonomi runt småskalig elproduktion är ett stort hinder för användningen av denna teknik. Tekniken är fortfarande relativt kostsam och det är dessutom svårt att få betalt för den el man levererar ut på elnätet. Detta gör att det kan vara svårt, för att inte säga omöjligt, att få lönsamhet i en investering.

För att egen elproduktion skall bli en lönsam investering behöver det bli lönsamt att leverera ut elen på nätet. Som det nu är får man betala i bästa fall tre gånger mer för den el man köper när man har ett underskott, än för den el man levererar ut vid ett överskott. Om man alls får något för den el man levererar ut. Dessutom kan man bli tvungen att betala nätavgift i efterhand om man har producerat mer el än man har köpt. Införandet av nettodebitering, då man bara betalar för skillnaden mellan köpt och utlevererad el skulle göra stor skillnad för de som vill producera sin egen el.

I dagsläget lönar det sig inte att investera i så stora anläggningar att man blir självförsörjande på energi och leverera ut det överskott man har under vissa delar av året. Det gäller snarare att anpassa storleken på anläggningen till årets lägsta effektbehov, att till exempel anpassa solcellsanläggningen så att man inte får överskott på sommaren och sedan köpa el då man har underskott.

När det gäller den tekniska utvecklingen finns det fortfarande en del att göra. Det gäller till exempel problem med vibrationer hos små vindkraftverk. Verkningsgraderna är generellt låga när det gäller elproduktion. På solcellsområdet pågår utveckling för att höja verkningsgraderna. Högre verkningsgrader skulle göra att det kan bli mer lönsamt med

solel.

En del i att tekniken är dyr skulle förmodligen kunna lösas genom att med ökad efterfrågan få upp produktionsvolymerna. Då måste investeringarna bli lönsamma för kunderna, vilket troligtvis skulle kräva omfattande subventions- och bidragssystem i en inledningsfas. Sådana system tillsammans med lösningar för att ersätta utlevererad el på elnätet har i Europa visat att hela industrin för förnybar elproduktion har ökat kraftigt. Det Svenska solcellsbidraget som infördes 2009 är ett välkommet incitament för dessa investeringar. Mer pengar behöver dock skjutas till om alla ansökningar skall kunna beviljas.

Vid ekonomiska jämförelser mellan att bygga med plusenergiteknik och att bygga "traditionellt", får man tänka på att skillnaderna minskar jämfört med för några år sedan då lagkraven inte var lika tuffa som nu. Jämfört med för några år sedan har nya byggnader en högre energiprestanda. Lagkraven kommer framöver att skärpas ytterligare och så småningom vara nere i "nära noll-nivå". Vissa kommuner har redan nu krav som är hårdare än lagkraven, vilket gör skillnaderna ännu mindre när man jämför investeringar.

Om småskalig förnybar energi skall kunna utvecklas i större omfattning i Sverige behöver elnätet utvecklas till så kallade smarta elnät, det vill säga förses med mer intelligent styrning och möjligheter till lagring av överskott än vad som finns idag.

En förutsättning för att det skall vara möjligt att producera plusenergihus är att minska elbehovet i byggnaden, genom att använda energieffektiva apparater, belysning och andra produkter. Med mindre elanvändning behövs mindre anläggningar och därmed mindre investering. Detta kommer sannolikt att vara en stor del i om man lyckas få ekonomi i ett projekt. I dagsläget när det inte finns möjlighet till nettodebitering, är det också mer lönsamt att satsa på att minska sin elanvändning än att försörja den man har med egen elproduktion.

Det kommer också att bli nödvändigt att få upp ögonen för ett energimedvetet beteende och inställningen till hur den tillgängliga energin används. Människors konsumtion av el kommer att behöva anpassas till när det finns tillgång till elen. Det kommer att behöva satsas på teknik som hjälper till med detta.

Under arbetet med detta projekt har vi stött på frågeställningen om vilken teknik som är den samhällsekonomiskt bästa, småskalig energiproduktion nära användaren eller mer storskalig industriell energiproduktion någon annanstans än vid huset, vilken säljs till konsumenten. Vi har inte gått in på denna diskussion i arbetet eftersom utgångspunkten för projektet var att titta på förutsättningarna för att producera plusenergihus, vilket innebär produktion i anslutning till byggnaden. Dock kan konstateras att frågeställningen



NCC TEKNIK

Uppdragsnummer: 7185147
12238 Dags att leverera
- från passivhus till energirika byggnader

Status: Slutrapport

är viktig, men att man förmodligen behöver arbeta på flera fronter för att kunna nå målet att drastiskt minska användningen av energi i byggnadsbeståndet.

12 Fortsatt arbete

Erfarenheterna från det här projektet har visat att det finns mer att utreda för att ta reda på var det är mest ekonomiskt att göra sina investeringar. I detta projekt har vi fokuserat på elanvändningen. Självklart måste man, om man skall producera plusenergihus, studera helheten med både värme- och elsidan. Värmeanvändningen i ett hus påverkas till viss del av elanvändningen, eftersom all el blir till värme. Avvägningar kan behöva göras mellan besparingar på el- och värmesidan. Det krävs också avvägningar mellan till exempel att öka klimatskalet och att installera mer teknik såsom solceller och vindkraft. Hur bra behöver klimatskalet vara? Räcker det med passivhusnivå, eller behöver man gå längre för att kunna tillföra återstående energibehov med egen produktion? Var ligger brytpunkterna? Detta behöver utredas.

Eftersom minskad elanvändning är en förutsättning för att bygga hus med så låg energianvändning som för plusenergihus behöver man studera hur lågt man kan komma med den teknik som finns tillgänglig på marknaden idag. Något exempel finns där man arbetat med att reducera elanvändningen så långt det går.

I Europa har man sett att tekniken för förnybar elproduktion starkt har gynnats av bidragssystem. Det skulle vara intressant att studera hur sådana system skulle förändra återbetalningstiden för investeringar.

Tekniken utvecklas kontinuerligt, bland annat för att försöka klara högre verkningsgrader. Hur påverkar den senaste tekniken möjligheterna med plusenergihus och övriga lågenergihus?

Det finns endast ett fåtal plusenergihus i Sverige. De flesta av dessa är småhus som planerats och byggts av mycket miljöintresserade privatpersoner. Flerbostadshus har inte byggts i samma utsträckning, men borde kunna fungera genom noggrann planering. Förslagsvis kan man utgå från ett byggt passivhus och göra beräkningar och känslighetsanalyser på olika alternativ för klimatskal och teknik, studera hur långt man kan nå med enkla medel när det gäller elbehovet, hur olika scenarier för bidragssystem påverkar lönsamheten. Studier borde också göras för hela småhusområden som kopplas ihop till en gemensam energiproduktion, i stället för att varje småhus har sitt eget. På så sätt kanske man kan få till kostnadseffektivare lösningar.

Till sist borde man jämföra livscykelkostnaden för plusenergihus, traditionella hus och lågenergihus. Ofta accepteras endast korta återbetalningstider för en investering. Huset står dock under lång tid och har då en lägre månadskostnad, vilket ger avkastning på investerat kapital. Den lägre energinotan ställs mot investeringen. Det är intressant att studera hela husets livslängd.

13 Referenser

ABB, 2010. "Smart grids" = smarta elnät, www.abb.se, 2010-02-02.

Absolicon, 2010. www.absolicon.se (hemsidan besökt 2010-06-17).

Adalberth, Karin, 2010. Personlig kommunikation maj 2010.

Blomsterberg, Åke, 2009. Rapport: Lågenergihus – En studie av olika koncept/begrepp. Lund: Energi och ByggnadsDesign, LTH, 2009-10-31.

Bolund, Per, et al, 2009. Motion till riksdagen 2009/10:N9 med anledning av prop. 2009/10:51 Enklare och tydligare regler för förnybar elproduktion, m.m.

Broomé, Elisabet, 2002. Mer om smarta hus, Vi i villa, 1 jan 2002. www.viivilla.se

Bärtås, Lars, 2010. Nu byggs plusenergihus på flera orter, Energi & Miljö 3/10.

Cleanergy, 2010. www.cleanergyindustries.com (hemsidan besökt 2010-05-17).

Dickson, Björn, 2010. Byggare kan bli vinnare på energikrav, Byggindustrin nr 09/2010.

Ehrenberg, Johan, 2010. Egen El, personlig kommunikation maj 2010.

Energibo, 2010. www.energibo.se (hemsidan besökt maj 2010).

Energimyndigheten, 2010 a. Vindkraft Bygga och ansluta mindre vindkraftverk för eget bruk, www.energimyndigheten.se (hemsidan besökt april 2010).

Energimyndigheten, 2010 b. Solceller Informationsbroschyr om att producera el med hjälp av solceller, www.energimyndigheten.se (hemsidan besökt april 2010).

Energimyndigheten, 2007. Solceller teknik, marknad och svenska forskning 2000-2005, www.energimyndigheten.se, 2007.

Eriksson, Lars, 2009. Hårdare energikrav från EU, Energi & Miljö nr 12 december 2009.

Eriksson, Lars, 2010. Stirlingmotor skall ge Malmö solel, Energi & Miljö nr 4 april 2010.

FEBY, 2009a. FEBY Kravspecifikation för Passivhus, version 2009, Forum för energieffektiva byggnader, www.energieffektivbyggnader.se

- FEBY, 2009b. FEBY Kravspecifikation för Minienergihus, version 2009, Forum för energieffektiva byggnader, www.energieffektivbyggnader.se
- Förbo, 2010. www.foerbo.se (hemsidan besökt maj 2010).
- Globalhus, 2010. www.globalhus.se (hemsidan besökt maj 2010).
- Gunne, Nina, 2008. Fler värmer mer. Arkitekten januari 2008, www.arkitekt.se/s33225.
- Jostemyr, Håkan, 2010. Energibo, Personlig kommunikation maj 2010.
- Hållén, Jonas, 2009. Stockholm först med smart elnät, Ny teknik 18 november 2009.
- Hållén, Jonas, Kleja, Monika, 2009. Blåsta på pengarna för hemgjord el, Ny teknik 25 nov 2009.
- Hållén, Jonas, 2010a. Så går huset med plus, Byggvärden 10 mars 2010.
- Hållén, Jonas, 2010b. Så går huset med plus, Ny teknik 22 mars 2010.
- Jansson, Kjell, 2009. Egen elproduktion bör kvittas månadsvis, debattartikel i Dagens industri 2009-12-17, www.svenskenergi.se.
- Kleja, Monika, 2009. "Regeringens regelförslag stoppar små producenter", Ny teknik 25 nov 2009.
- Kretz, Mark, 2010. Här är nätet energilager, Energi & Miljö nr 3 2010.
- Kungälv kommun, 2009. www.kungalv.se (hemsidan besökt maj 2010).
- Lindell, Åsa, 2010. Miljöstrateg Västra Götalandsregionen, personlig kommunikation maj 2010.
- Lindén, Ene, 2010. Skanska, personlig kommunikation maj 2010.
- Lundgren, Marja, 2003. Aktiv solenergi i hus- och stadsbyggnad, Byggförlaget, 2003.
- Miljömålportalen, www.miljomal.se (hemsidan besökt 2010-04-26).
- Miljörapporten 2009. Lättare sälja sin solcellsel, Miljörapporten Direkt 2009-10-05.
- NCC 2005. NCC Concept House, slutrapport 1 januari 2005, NCC Construction Sverige

AB.

Nordström, Niklas, 2010. Hon vill ha betalt för den el hon gör, Helsingborgs dagblad, 30 maj 2010.

NS Effektivare Energi, 2010. www.nseffektivareenergi.se (hemsidan besökt 2010-06-21)

Palm, Jenny, Tengvard, Maria, 2009. Småskalig elproduktion för en hållbar utveckling, Elforsk rapport 09:64.

Persson, Johan, 2010. Energibo, personlig kommunikation maj 2010.

Prime project, 2010. www.primeproject.se (hemsidan besökt maj 2010).

Scott, Niklas, 2010. Byggherre självförsörjande småhus, Örebro. Personlig kommunikation 2010-06-21.

SFS 2010:164, Lag om ändring i ellagen (1997:857), www.notisum.se.

SOU 2008:13, 2008. Bättre kontakt via nätet – om anslutning av förnybar elproduktion, Betänkande av nätanslutningsutredningen. + Annex: Grid issues for electricity production based on renewable energy sources in Spain, Portugal, Germany, and United Kingdom.

Svenska kraftnät, 2009. Tröskeeffekter och förnybar energi, en rapport till regeringen, Dnr 1495/2008/AN46.

Söderberg, Henrik, 2010. Globalhus, personlig kommunikation, maj 2010.

Vestin, Alexander, 2010. Cleanergy AB, personlig kommunikation 2010-05-28.

Västra Götalandsregionen, 2010. www.vgregion.se (hemsidan besökt maj 2010).

Åslund, Björn, 2010. Såld el skall kunna kvittas mot köpt, Energi & Miljö nr 3 2010.