



Prosumer med Demand-Response, makroperspektivet

Elforsk rapport 12:49



Leopold Weingarten

Augusti 2012

ELFORSK

Prosumer med Demand- Response, makroperspektivet

Elforsk rapport 12:49

Förord

Syftet med Smart Grids programmet är att samordna elbranschens utvecklingsaktiviteter för framtida intelligenta elnät inom området Överföring & Distribution.

Som en följd av samhällets anpassning för att minska klimatpåverkan är intresset för att utveckla elsystemet i riktning mot nya produktions- och förbrukningsmönster stort. Smart Grids möter efterfrågan på framtidens elnät genom att göra det möjligt att mäta tillståndet i elnätet. Utav den erhållna informationen, ska det sedan gå att detaljstyra elflödet samt utbyta information med prisaktörer.

Nytan av ett smart elnät är uppenbart och fördelar kan återfinnas hos alla aktörer.

- Kundnytta - Bättre tillförlitlighet, information av ev. elavbrott samt billigare elleveranser.
- Internnytta - Nätägare och elhandlare kan utföra många av sina funktioner (reparationer, underhåll, spänningsstyrning, identifiering av bortkopplade kunder och lägre kostnader för eventuella investeringar) betydligt mer effektivt.
- Samhällsnytta - På systemnivå märks skillnaden i en förändrad produktion och ett annorlunda konsumtionsmönster. Dessutom bidrar Smart Grids med en minskad miljöpåverkan och lägre överföringsförluster.

Smart Grids programmets programstyrelse består av följande ledamöter:

Peter Söderström, ordförande	Vattenfall Eldistribution AB
Göran Ericsson, vice ordf	Svenska Kraftnät
Christer Bergerland	Fortum Distribution AB
Christian Andersson	E.On Elnät Sverige AB
David Westerlund	Göteborg Energi AB
Rolf Gustafsson	Mälarenergi AB
Susann Persson	Jämtkraft AB
Mikael Arvidsson	HEM Nät AB
Anders Johansson	SABO AB
Claudio Marchetti	ABB AB
Lawrence E. Jones	Alstom AB
Ingvar Hagman	Ericsson AB
Nina Lövehagen	Ericsson AB
Anders Trana	Telia Sonera AB
Anders Bülund	Trafikverket
Hannes Schmied	NCC AB
Jan Hintze	Siemens AB
Matz Tapper (adjungerad)	Svensk Energi
Monika Adsten (adjungerad)	Elforsk AB
Susanne Olausson, sekreterare	Elforsk AB

Följande bolag har deltagit som finansiärer av projektet. Elforsk framför ett stort tack till samtliga företag för värdefulla insatser.

E.ON Elnät Sverige AB	AB Borlänge Energi
Svenska Kraftnät	Sandviken Energi Elnät AB
Vattenfall Eldistribution AB	Trollhättan Energi Elnät AB
Göteborgs Energi AB	Fortum Distribution AB
Skellefteå Kraft AB	Borås Elnät AB
Mälarenergi Elnät AB	Landskrona Stad
Jämtkraft AB	Ericsson AB
Umeå Energi Elnät AB	SABO
Öresundskraft AB	Combitech AB
Jönköping Energi Nät AB	NCC Construction Sverige AB
Gävle Energi AB	ABB AB
Eskilstuna Energi & Miljö AB	TeliaSonera AB
Sundsvall Elnät AB	Trafikverket
Härjeåns Nät AB	Basprojektet
Halmstad Energi & Miljö Nät AB	Siemens
Falu Elnät AB	Elverket Vallentuna
Alstom AB	

Stockholm i augusti 2012

Susanne Olausson

Elforsk AB

Sammanfattning

Det finns idag ett stort intresse att öka mängden generering från konsumentens sida, främst politisk men också från allmänheten. Sannolikheten är också stor att det elektriska distributionsnätet i framtiden kommer att kunna hantera ny typ av konsumtion och produktion, som exempelvis elbilar och solceller. Det råder dock osäkerhet kring hur elsystemet kommer att vara tvunget att förändras och inom vilka nät och regioner stora förändringar av effektuttag är att vänta. För framtida strategiska beslut är det därför viktigt att studera möjlig utveckling av konsumtion och produktion, ekonomiska modeller för ny typ av elproduktion, samt hur styrning av konsumtion och produktion kan komma att se ut.

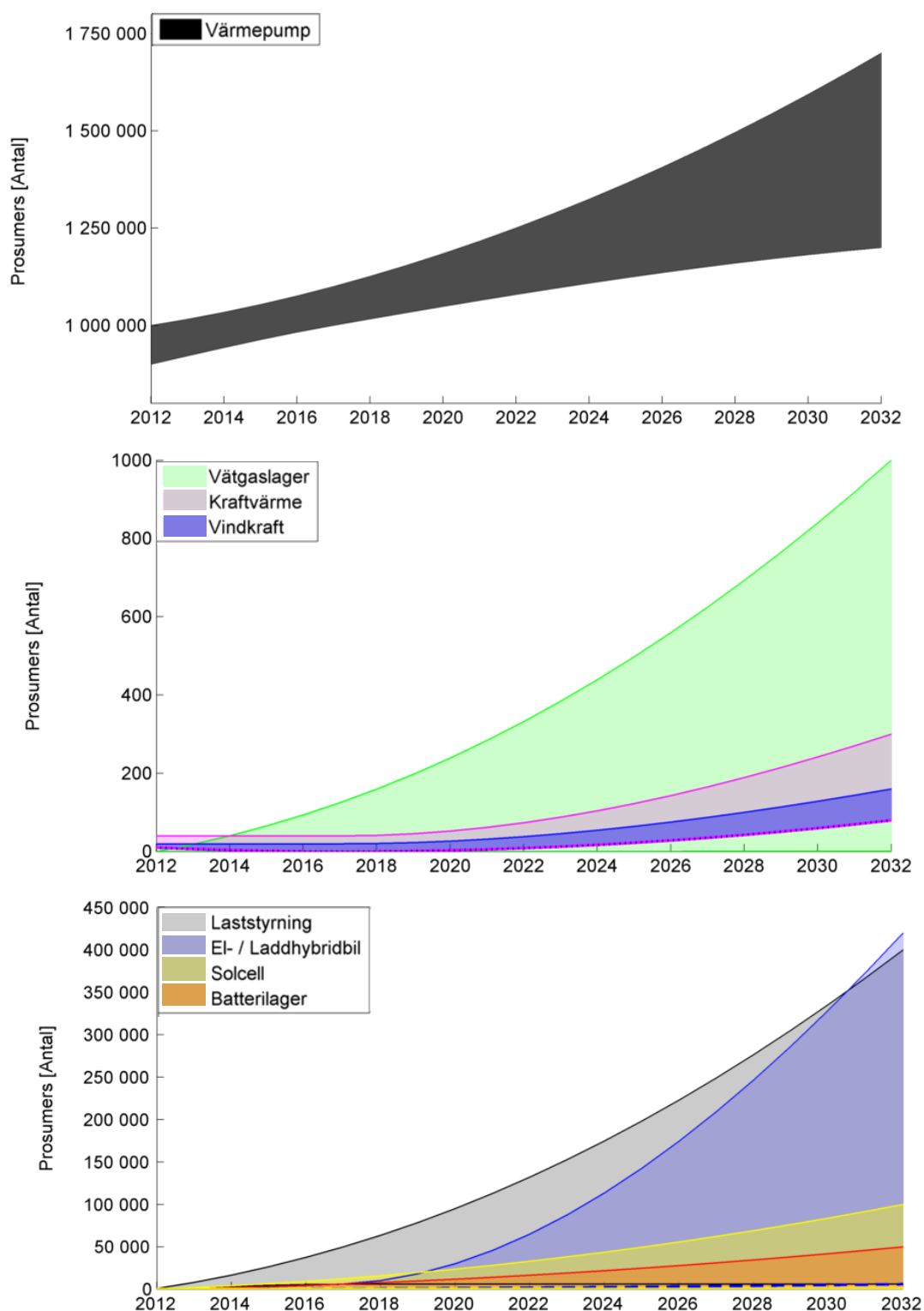
Uppdraget för denna studie är att undersöka den utvecklingen och problematiken som *Prosumers*, konsumenter som även kan vara producenter, kan skapa för elnätet. Med hjälp av ett *Demand-Response* perspektiv beskriver studien hur fördelningen i antal Prosumers om 5 respektive 20 år fr.o.m. år 2012 kan komma att se ut för Sverige.

En Prosumer i denna rapport har definierats som en konsument som även producerar el och där säkringen är maximalt 63 Ampere. Detta har varit avgörande för dimensionering av Prosumerkomponenters storlek.

Utifrån avgränsning i rapporten bedöms följande antal Prosumerkomponenter maximalt kunna förekomma år 2032:

Prosumerkomponent	Ackumulerat antal i Sverige år 2032
Värmepump	1 700 000
El-/laddhybridbil	420 000
Laststyrning	400 000
Solcell	100 000
Batterilager	50 000
Vätgaslager	1 000
Kraftvärme	300
Vindkraft	160

Antalet Prosumerkomponenter illustreras även i nedan följande figurer. De ger det ackumulerade antalet Prosumerkomponenter som förväntas förekomma under en period om 20 år från och med 2012 inom Sverige. Figurerna representerar ett spann mellan största och minsta värde som har antagits i rapporten.



Figurer reproducerade från kapitel 5, Utveckling av Prosumers. Figurer illustrerar antal som spann per år. Minsta värde representeras av streckad eller heldragen linje i samma färg som specifik Prosumer, i vissa fall är Prosumers överlagrade.

Bedömningen grundar sig på statistisk data från Sverige, samt analys av teknikutvecklingen för respektive typ av Prosumer, dels inom Sverige men även i de länder där penetrationen av Prosumers nått en större mognadsgrad än i Sverige (t.ex. Tyskland och Danmark).

I rapporten förekommer uppdelning av Prosumers i form av största och minsta antal vilka antagits för regionerna norra Sverige, mellersta Sverige och södra Sverige. De viktigaste slutsatserna från denna fördelning och analys kan sammanfattas som:

- En stor andel Prosumers bedöms komma att anslutas med solkraft med peak-effekt upp till 100 kW, framförallt i mellersta Sverige och i södra Sverige.
- Att Prosumers med vindkraft eller kraftvärme inte bedöms att anslutas i någon större utsträckning inom en snar framtid, detta på grund av skalningsfördelar för stora anläggningar. För att kraftvärmeanläggningar idag ska vara lönsamma krävs ofta att de kan erhålla avsättning för värme.
- Inom en snar framtid bedöms det att avtalsmodeller för avsättning/avräkning av producerad energi kommer att finnas. Avtal kommer kunna knytas mellan Prosumers, elhandelsbolag och elnätsbolag.
- En stor ekonomisk fördel med småskalig produktion uppstår om det är möjligt att producera el på kundsiden av mätaren, eftersom energiskatt och den variabla delen av överföringstariffer då kan undvikas.
- Ytterligare översyn och kontroll av elnätet kommer att behövas med avseende på bortkoppling och styrning.

Rapporten Prosumer med Demand-Response, Makroperspektivet, är en första del i arbetet: Prosumer med Demand-Response. Andra delen: Prosumer med Demand-Response, Mikroperspektivet kommer i större detalj att studera Prosumers med avseende på effektlöden och dessas påverkan på elnätet.

Summary

Today a desire exists to increase the amount of generation done from the consumer side. This vision is by a large extent political, but also driven by public opinion. Therefore the boundary between electricity producer and consumer will most likely become less clear in a near future. It is uncertain exactly how this will develop, henceforth it becomes dire to investigate and discuss the development of Prosumers, so that strategical decisions can be made regarding planning of electrical system and electrical generation. Important areas to investigate are development for production and consumption, economical models for interaction with new type of electrical producer/consumer components and stakeholders, and possibility to control consumption and production on basis of changes in the electrical grid.

The aim of this report is to investigate how and where *Prosumers* with *Demand-Response* are expected in Sweden. The study is done from the perspective of a distribution system operator and the problems that must be mitigated and attended to when considering the future development of the Swedish electrical grid.

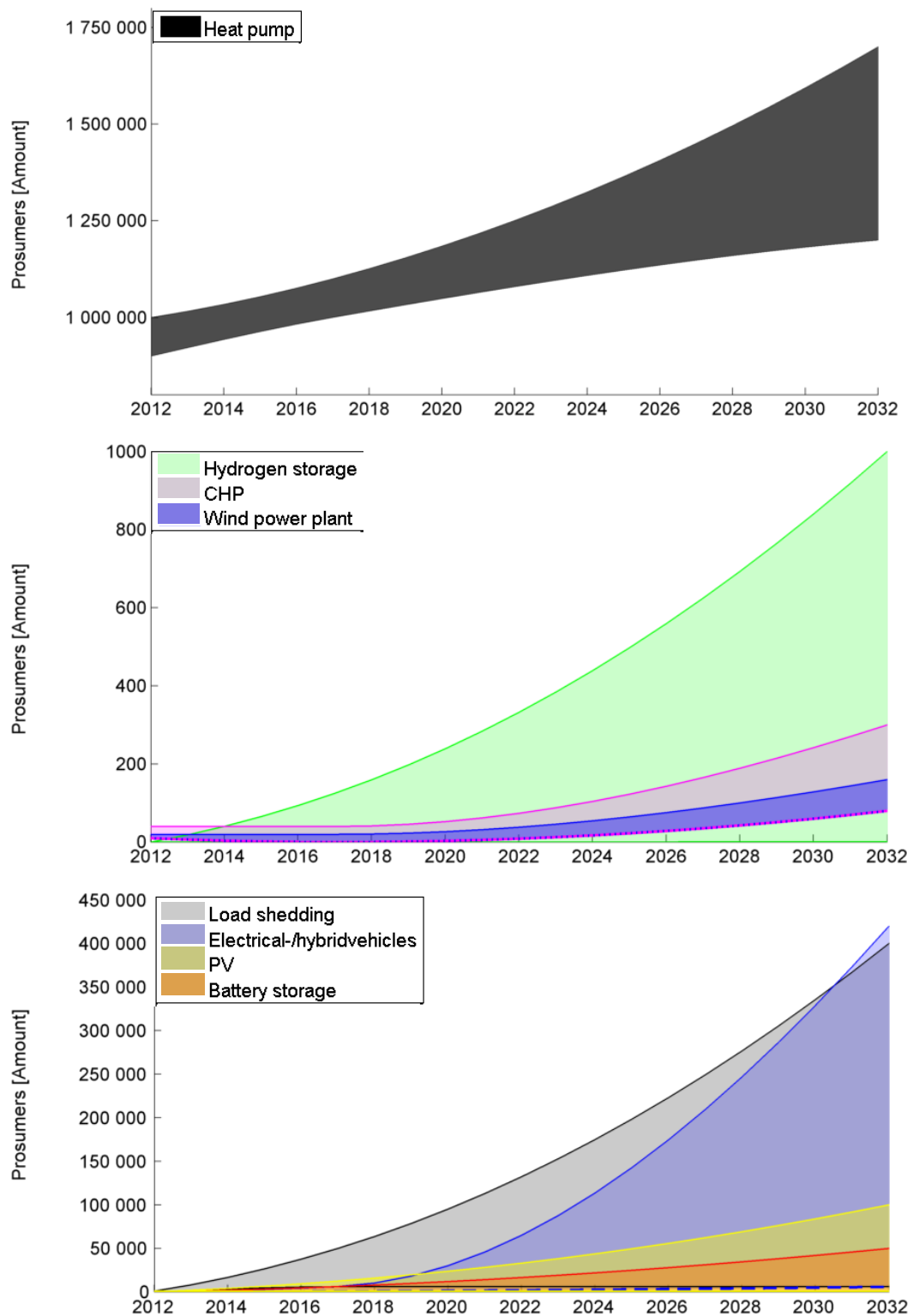
A possible geographical distribution of Prosumers, based on the year 2012, is proposed for the coming 5 respectively 20 years.

In the report, a Prosumer is defined as a customer who is consuming as well as producing electricity, and whose fuse is of maximum 63 Ampere. This has been central for the dimensioning of Prosumers.

The following estimation is done for the year 2032 based on the boundaries in the report. The presented numbers are the maximum possible amount of Prosumers:

Prosumer Components	Accumulated amount in Sweden year 2032
Heat pump	1 700 000
Electrical-/hybridvehicles	420 000
Load shedding	400 000
PV	100 000
Battery storage	50 000
Hybrid storage	1 000
CHP	300
Wind power plant	160

The development of the numbers of Prosumer components are also illustrated in the following figures. They state the accumulated number of Prosumers in Sweden during a 20 year period, starting from the year 2012. The figures represent a span between largest and smallest amount of Prosumers that are assumed in the report.



Figures reproduced from chapter 5, Development of Prosumers. The figures illustrates amount of specific Prosumer per year. Lowest assumed value is represented with a line in correlating color to each specific Prosumer. Colored Prosumers areas might be on top of each other.

The estimation is based on statistical data from Sweden, as well as on a broad analysis of current and developing techniques for the different Prosumer components being investigated, in Sweden and in countries where such techniques have reached a higher degree of maturity, such as Germany and Denmark.

In the report a future distribution for Prosumers is done on basis of a regional division of Sweden into North Sweden, Central Sweden and South Sweden. The most important conclusions regarding the development of Prosumers in Sweden were:

- It is probable that a large amount of Prosumers producing solar energy up to a maximum of 100 kWp will be connected to the general grid, primarily in Central and South Sweden due to demographic layout
- It is not probable that Prosumers with wind turbines or combined heat and power plants will be connected in a large scale due to the lack of scaling benefits in the current Nordic electrical system. Most often, deposition of heat is a necessary function for achieving economical profit within the existing system.
- Within the near future, it is likely that models will be developed for economical transactions between Prosumers and electrical power utilities and grid operators.
- An important source of income for Prosumers are when power production, storage and/or load shedding are connected on the customer side of the electricity meter, thus saving the variable part of the network tariff and energy tax (on top of saving the cost for the produced electricity).
- Control and power automation is needed in order to control energy flow and avoid overloading the electrical grid.

This report is the first part of the work on Prosumer with Demand-Response. The second part will in greater detail study specific Prosumer scenarios and the flow of electrical power.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Prosumer som begrepp	1
1.2	Syfte	2
1.3	Struktur	2
2	Framtida teknikutveckling	3
2.1	Bakgrund	3
2.2	Solkraft	6
2.2.1	Lämplig teknik	8
2.3	Vindkraft	13
2.3.1	Lämplig teknik	14
2.4	Omriktare	16
2.5	Kraftvärme	18
2.5.1	Lämplig teknik	21
2.6	Värmepumpar	23
2.7	Elbilar	25
2.8	Energilager	27
2.8.1	Batterilager	27
2.8.2	Vätgaslager med bränsleceller	28
3	Elektriska nät och meteorologi	29
3.1	Elektriska nät	30
3.1.1	Problematik för elnätsägaren	31
3.1.2	Konsumtion	32
3.1.3	Laststyrning	33
3.2	Meteorologi	39
3.2.1	Temperatur	39
3.2.2	Soltimmar	41
3.2.3	Vind	42
4	Regelverk och möjlighet till avkastning	44
4.1	Regelverk	44
4.2	Elprisutveckling i Sverige och Europa	46
4.2.1	Kostnadsallokering	49
4.2.2	Ersättning från nätnytta och elproduktion	50
5	Utveckling av Prosumers	51
5.1	Utveckling inom 5 år	57

5.2	Utveckling inom 20 år.....	59
5.3	Utveckling per geografiskt område	61
5.3.1	Förhållande stad – land	61
5.3.2	Geografisk fördelning	61
5.3.3	Norr	62
5.3.4	Mellan	62
5.3.5	Söder	63
6	Mikroperspektivet	64
6.1	Konsekvenser för elnätet	64
6.2	Förslag på fallstudier	65
7	Litteraturförteckning	66

1 Inledning

Projektet syftar till att ge en överblick av hur fördelningen av *Prosumers*, elkonsumenter som även producerar el, kan tänkas komma att se ut i Sverige. Detta görs genom att belysa *förväntad teknikutveckling* för anslutning av energislag med stor stokastisk variation, tekniker för att lagra och transformera energi (som energilager och värmepumpar), samt ny typ av konsumtion (som elbilar).

Vidare utreds förutsättningarna för utveckling av Prosumers i Sverige sett utifrån det *elektriska nätet*, *meteorologisk påverkan*, samt nuvarande och förväntat *regelverk och möjlighet till ekonomisk avkastning*.

Förväntad utveckling av Prosumers (sv Produmenter) utreds ur ett, *Demand-Response* (sv. Efterfrågefleksibilitets) perspektiv, där förbrukning anpassas efter elpriset. Vid utredning av Demand-Response perspektivet är det viktigt att ta hänsyn till ännu ej utarbetade ekonomiska incitament, exempelvis elnätstariffer. Med detta som underlag görs en geografisk uppdelning av Prosumers på basis av Sveriges elprisområden i regionerna norra, mellersta och södra Sverige, samt i stadsnät och landsbygdsnät inom respektive region.

Denna rapport genomförs på uppdrag av Elforsk inom *Program Smart Grids*. Rapporten använder huvudsakligen svensk terminologi med undantag av ett fåtal termer som saknar allmänt accepterad översättning. Rapporten ligger till grund för Prosumer med Demand-Response, Mikroperspektivet, där simuleringar kommer att genomföras för utvalda Prosumer-scenarier som ett utredningsunderlag för framtidens elektriska nät.

Inom ramen för detta projekt definieras en Prosumer som en anläggning med produktion och konsumtion som har en säkring på högst 63 Ampere. Fokus i rapporten ligger på elkraftproduktion och dess konsekvenser för elnätet, samt på att Prosumern antas vara en konsument som ansluter en del av den egna produktionen till den icke-koncessionspliktiga sidan av elnätet.

1.1 Prosumer som begrepp

Prosumer används som begrepp för att beskriva en användare av elnätet som både konsumerar och producerar energi. Det finns ingen snäv definition av begreppet Prosumer. En begränsning av begreppet utifrån Svenskt regelverk och praxis är: En enhet som har en säkring på max 63 Ampere.

Avkastningsmöjlighet via prisincitament (Demand-Response) har idag ofta följande krav: Mer energi skall konsumeras än vad som produceras under ett år. Överstiger produktionen konsumtionen klassas idag en sådan enhet som en producent.

För en längre framtidshorisont än 20 år blir det intressant att vidga begreppet Prosumer till att även innefatta fall som idag klassas som producenter. Därför berörs även det speciella Prosumerfallet, då produktion överstiger konsumtion under en avräkningsperiod.

Fokus i rapporten ligger på elkraftproduktion, konsekvenser för elnätet och möjligheterna till avkastning från olika prismodeller.

1.2 Syfte

Syftet med detta projekt är att identifiera förväntad utveckling av Prosumers med hjälp av ett Demand-Response perspektiv, och att utreda vilken följdverkan denna utveckling kan få för olika typer av elektriska distributionsnät i Sverige. Rapporten skall ligga till grund för att utreda utvalda scenarier för Prosumers i fortsättningsstudien Mikroperspektivet.

För att uppfylla syftet har följande delmål satts upp:

- Utreda nuvarande och förväntad teknikutveckling för Prosumers med Demand-Response.
- Beskriva hur elnätet kan påverkas av Prosumers med Demand-Response.
- Beskriva variation av vind, temperatur och instrålad solenergi som påverkar Prosumers.
- Beskriva hur regelverket påverkar anslutning av Prosumers.
- Beskriva möjliga avtalsmodeller mellan Prosumers, elnätsbolag och elhandelsbolag.

1.3 Struktur

Rapporten presenterar ny teknik och innehåller illustrativa räkneexempel för att påvisa vilka Prosumers som det är rimligt att anta kommer förekomma inom 5 och 20 år, för olika regioner och olika nät i Sverige.

Rapporten innehåller, förutom det inledande första kapitlet, följande:

Den *framtida förväntad teknikutveckling* utreds i kapitel 2, vilket innehåller komponenter som kan bygga upp Prosumers. Lämplig teknik redovisas, liksom påverkan för Prosumers samt möjliga prisintervaller för komponenter.

I kapitel 3, *Elektriska nät och meteorologi* beskrivs de nättekniska aspekter som måste belysas då Prosumers introduceras, och hur olika typer av nät kan tänkas påverkas utifrån befintlig konsumtion. Eftersom energiproduktion och konsumtion också påverkas utifrån meteorologiska förhållanden, finns det även med en beskrivning av vind, solinstrålning och temperatur fördelad över Sveriges geografiska yta.

Regelverk och möjlighet till ekonomisk avkastning och utveckling av Prosumers i Sverige beskrivs och analyseras i kapitel 4 och kapitel 5. Potential för Prosumers redovisas dels grafiskt, och dels i tabellform där högsta och lägsta potential redovisas.

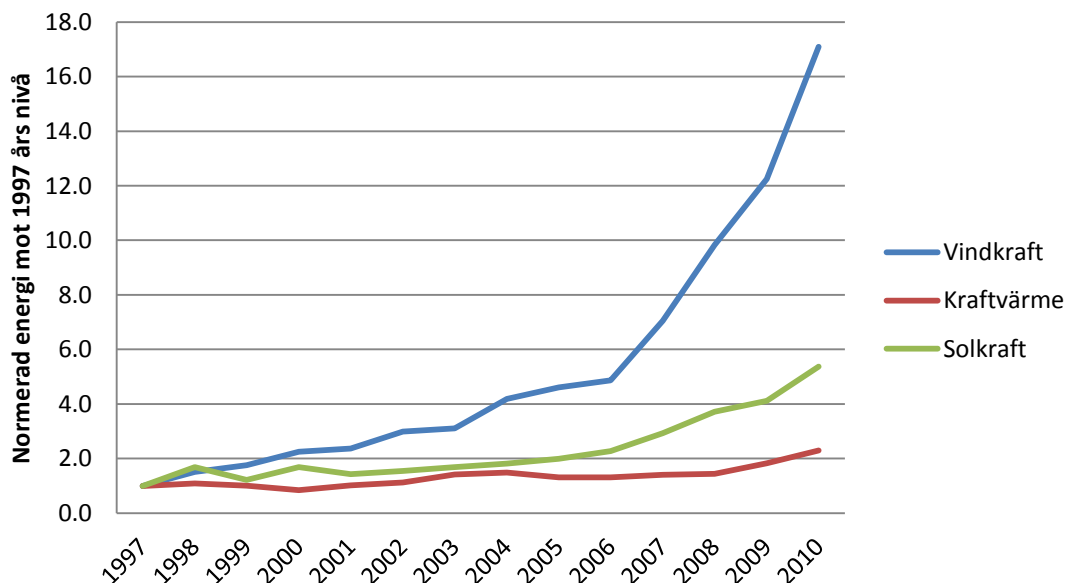
Rapporten avslutas, i kapitel 6 *Mikroperspektivet*, med en diskussion kring de resultat som har kommit fram och hur dessa bör användas för att analysera Prosumers i detalj i delprojektet Prosumers med Demand-Response, Mikroperspektivet.

2 Framtida teknikutveckling

Då intresset för att producera sin egen el ökar, är det viktigt att utreda vilka praktiska möjligheter det finns för detta. Därför görs här en genomgång av nuvarande teknikläge och produktionskostnad samt möjlig framtida utveckling i Sverige för *solceller, vindkraft, omriktare, kraftvärme, värmepumpar, elbilar* och *energilagring*.

2.1 Bakgrund

Energitillförseln från förnyelsebara produktionskällor av Prosumerkaraktär har i Sverige ökat sedan 1997, se Figur 1, vilket går att relatera till generellt ökande elpriser i världen, fallande priser på produktionsanläggningar och statliga stöd och incitament, se exempelvis [1],[2] & [3].



Figur 1. Utveckling av förnyelsebar elproduktion i Sverige som andel av total energianvändning mät. vindkraft och kraftvärme [4]. Energin från solkraft baseras på installerad märkeffekt i Sverige med uppskattad årsproduktion om 800 kWh/kW_p [1].

Ökningen av Prosumers drivs av politisk vilja i Sverige och i resten av EU. Flertalet mål har satts upp för Sverige som påverkar energianvändning och styr produktion och konsumtion [5], [6]:

- Andelen förnybar energi 2020 skall uppgå till minst 50 % av total energianvändning.
- Andelen förnybar energi i transportsektorn skall 2020 uppgå till minst 10 %, med ett långsiktigt mål att den Svenska fordonsflottan är fossilfri 2030.
- Utsläppen av växthusgaser skall minska med minst 40 % till år 2020 jämfört med 1997 års nivå.
- Sektorövergripande effektiviseringsmål om minskad energiintensitet om 20 % mellan 2008 och 2020.
- Nationell planeringsram för vindkraft om 20 TWh landbaserad och 10 TWh havsbaserad vindkraft till år 2020.

Det är viktigt att poängtera att det inte finns mål som specifikt behandlar Prosumers. Prosumers kan i de flesta fall likställas med småskalig produktion. Dock är det viktigt att följa den generella utvecklingen för elnätet för att förstå hur utvecklingen av Prosumers kan komma att se ut.

För att möta det utvecklingstryck som föreligger på elnätet räcker det troligtvis inte att bygga vidare med konventionell teknik, utan resurser behöver även riktas på uppgradering av elnät i världen [3]. Även i Sverige kommer distributionsnätet behöva omarbetas. Det svenska distributionsnätet har planerats utifrån en radiell struktur; fåtalet större anläggningar anslutna till stamnätet har stått för merparten av den levererade energin. Stora produktionsanläggningar är anslutna på högre spänningsnivåer och slutkunder finns ofta vid lägre spänningsnivåer. Det innebär energiflöde i en riktning med hög andel känd produktion till kunder, vilkas konsumtionsmönster inte direkt gett utslag på produktionen (se exempelvis [7], [8], [9] & [10]).

Utvecklingen som elnätet går mot benämns oftast som *smart*, eller som *Smart Grid* [11] vilket innebär att konventionell och ny teknik används på flera nivåer för att öka flexibiliteten i elsystemet. Allt fler kunder kommer att ha egen produktion som täcker en del av effektbehovet, vara Prosumers. Med ett ökat informationsflöde kan en större del av elnätets balansering styras genom marknadsmodeller där effekt- och energifördelning lokalt och regionalt ger direkt utslag i pris, produktion och konsumtionsmönster, vara Demand-Response baserad.

Det *smarta elnätet* förväntas, [8]:

- Strömlinjeforma energianvändning genom ökad konsumentinteraktion.
- Säkerställa att informationsflöde mellan aktörer är säker, uppdaterad och pålitlig.
- Optimera användningen av redan tillgängliga resurser.
- Möjliggöra interaktion av nya energikällor och tekniska lösningar, som vindkraft, energilager och elektrifierade bilar.
- Genom ökad kunskap kunna undvika utbyggnad av distributionsnätet och minska kostnaderna för eldistribution.
- Vara flexibelt och kunna svara på en rad insignaler, som plötsligt förändrade konsumtionsmönster, meteorologiska förhållanden eller teknisk status på komponenter.

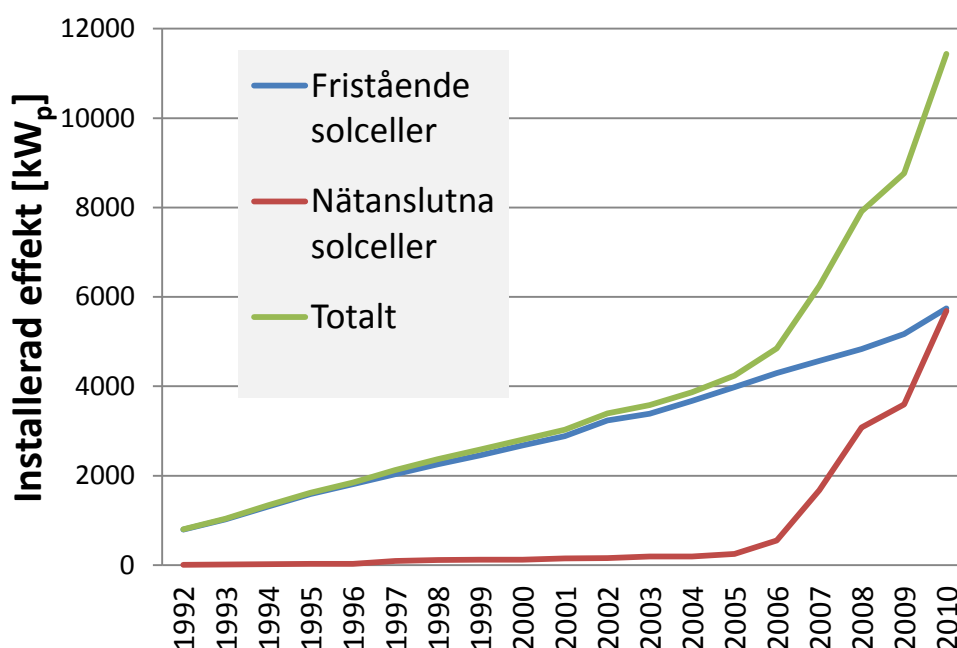
Det är i Sverige fastslaget att kraftsystemet skall utvecklas i denna riktning [12]. Detta kommer att påverka flera olika samhällsaktörer, med stort fokus för de instanser som ansvarar för distribution av el, nätbolagen. Det är dessa som i allt större utsträckning skall säkerställa att överförd el är av fullgod kvalitet och att den följer riktlinjer och förordningar som styr överföring av el [13], [14]. Flertalet regler och lagar är under omarbetning för att underlätta anslutning av ny typ av produktion och konsumtion till elnätet, som exempelvis anslutning och laddning av elbilar [15]. Därför är det av yttersta vikt att försöka ge klarhet i det rådande läget och ge verktyg för beslutsfattare så att utveckling kan ske i lämplig riktning.

Att presentera en enhetlig bild av läget är svårt eftersom teknik går åt flera håll och subventioner kommer att avvecklas. Ytterligare faktorer som försvårar översyn är att definitionen på energiproduktion (där småskalig energiproduktion ofta täcker in Prosumer) skiljer sig mellan olika regioner, samt att det finns ett flertal aktörer och intressenter [16]. Detta gäller även för energilager, omriktare, elbilar och laststyrning. Utveckling inom denna rapport beskrivs med fokus utifrån elnätet.

2.2 Solkraft

Antalet installerade solceller har ökat i världen, årligen med ca 40 procent, [17], [18]. Detta har lett till sjunkande modulpriser [19]. I dagsläget står dock solenergi fortfarande för en liten del av världens totala energiproduktion, men solenergin har potential att växa mer om avkastningen från solpaneler stiger över konsumentpriset på el, vilket skulle ge prisparitet till följd¹.

Den sammanlagda solcellseffekten i Sverige var 2010 ca 11 MW_p och antalet installerade solceller som var nätanslutna stod för ca 5 MW_p (Figur 2).



Figur 2. Installerad effekt solceller i Sverige (toppeffekt) fördelat på antalet nätanslutna solceller och antalet icke nätanslutna solceller [1].

Priset i Sverige för solcellsanläggningar har varit något högre än världspriset. Nettopriset för slutkund sjönk i Sverige under 2010, bland annat till följd av ett statligt stödsystem. En typisk solcellsmodul kostar i Sverige under 27 Skr/Wp och för ett större nätanslutet system är en rimlig kostnad 35 Skr/Wp [1]. Det finns en rad reglerinstrument och prisincitament som påverkar installation av solceller, som exempelvis CO₂ belastning genom elcertifikat [20].

¹ Med prisparitet avses att priset som kan hämtas in från produktion motsvarar priset för vad som konsumeras. Detta kan uppnås exempelvis genom att produktion från egen solcellsanläggning direkt kan ersätta el som annars skulle köpas från nätet. Säljs elen från produktion direkt, innebär detta att elen kan minska i ekonomisk betydelse för ägaren av solpanelen.

Stöd till installation av nätanslutna solcellsanläggningar i olika tillämpningar finns i Förordning SFSF 2009:689. Förordningen gällde från 1 juli 2009 till 31 december 2011 och stödet är rambegränsat. Förordningen ändrades i november 2011 och gäller nu till 31 december 2012. Totalt uppgår stödet till 50 miljoner kronor per år.

Stödet som söks hos länsstyrelsen uppgår maximalt till 45 % av solcellsanläggningens bidragsberättigade kostnader eller 1,5 miljoner kr per byggnad eller fastighet. Då en ny solcellsanläggning byggs är det rimligt att anta att denna anläggning dimensioneras efter så stort utnyttjande av stödprogrammet som möjligt. Kostnaden för en anläggning om 3.4 kWp är ca 77 000 kr [21]. Om tillgängligt solcellsstöd är begränsande kan ca 1400 solcellsanläggningar byggas med ca 3.4 kW_p. Antas det istället att varje anläggning som byggs utnyttjar maxbeloppet från solcellstöd byggs istället 33 stycken anläggningar. Maxbeloppet som kan sökas motsvarar en anläggning om 3 miljoner kronor, eller ca 60 kWp. Inom den närmaste tiden är det därför troligt att endast ett fåtal anläggningar blir över 60 kWp. De största anläggningar som installeras i Sverige är i nuläget ca 100 kWp.

2.2.1 Lämplig teknik

Det finns en rad olika sätt att använda energin från solen [20]:

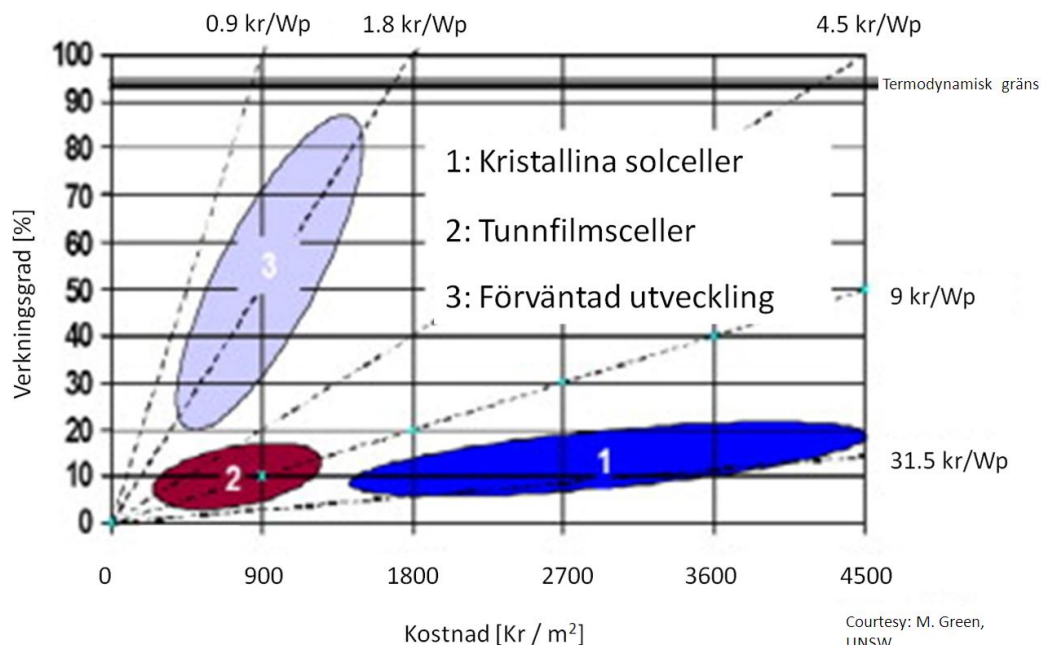
1. Passivt eller aktivt.
2. Från solcell eller från värme (termiskt).
3. Koncentrerat eller icke-koncentrerat.

Passiv solenergi inkluderar olika anläggningar där energi tas tillvara på genom exempelvis smart byggnadsplanering och aktiv solenergi innebär att strålningsenergin från solen omvandlas, exempelvis till el.

Elproduktion kan ske via solcell, vilket innebär att en elektrons energinivå exciteras. Därigenom byggs en potentialskillnad upp och elektricitet kan genereras. Produktion från värme innebär att exempelvis en sterlingmotor omvandlar värme från solenergi till el. Ofta används värmen från solenergi direkt utan att omvandlas. Det finns även möjlighet att lagra värmen i saltlager, då koncentrerat genom fasövergång i lagringsmediet.

Solvärme är inte i fokus för denna studie; då dessa anläggningar inte är anslutna till det elektriska nätet. Elektrisk energiproduktion från sterlingmotorer, eller anläggningar där strålningsenergin fokuseras med hjälp av speglar är ofta större anläggningar och är därför inte heller troliga för Prosumers. Dessa anläggningar kommer mest sannolikt att vara större industriprojekt i skala om 10-tals MW [22].

Kristallina solceller har dominerat marknaden sen 1950-talet. I dagsläget ligger priset på över 1 kr per Wp, dock är förväntningen stor på att solcellerna kommer att bli billigare och att verkningsgraden kommer att öka i framtiden. Figur 3 ger spann för pris och verkningsgrad idag samt förväntad utveckling.



Figur 3. Kostnad för olika typer av solceller map. verkningsgrad [17].

Verkningsgraden ökas stadigt för solceller. Det finns flera olika solcellstekniker och komponentmaterial för solceller. Att ändra sammansättning på nanonivå kan påverka materialet fysiskt och elektrokemiskt positivt.

Materialtillgång är något som också påverkar prisbilden. De flesta solceller är i dagsläget uppbyggda av kisel, i kombination med andra material. De vanligt förekommande CIGS-solcellerna innehåller förutom kisel t.ex. Indium och Gallium, som är sällsynt [23].

Tunnfilm är ett samlingsnamn för solceller av olika material och är kopplat till tjockleken. En annan typ av solcell som ofta förespråkas är Gretzelsolceller. Dessa har lägre verkningsgrader men också lägre tillverkningskostnader (även benämnda "dye-sensitized cells").

Tabell 1 ger verkningsgrader för olika typer av solceller. Då värden för solceller presenteras är det viktigt att fundera över om de är realistiska, är det ett laboratorievärde eller är det ett värde som motsvaras av en verklig applikation? Detta är något som stort påverkar möjlighet till energiproduktion.

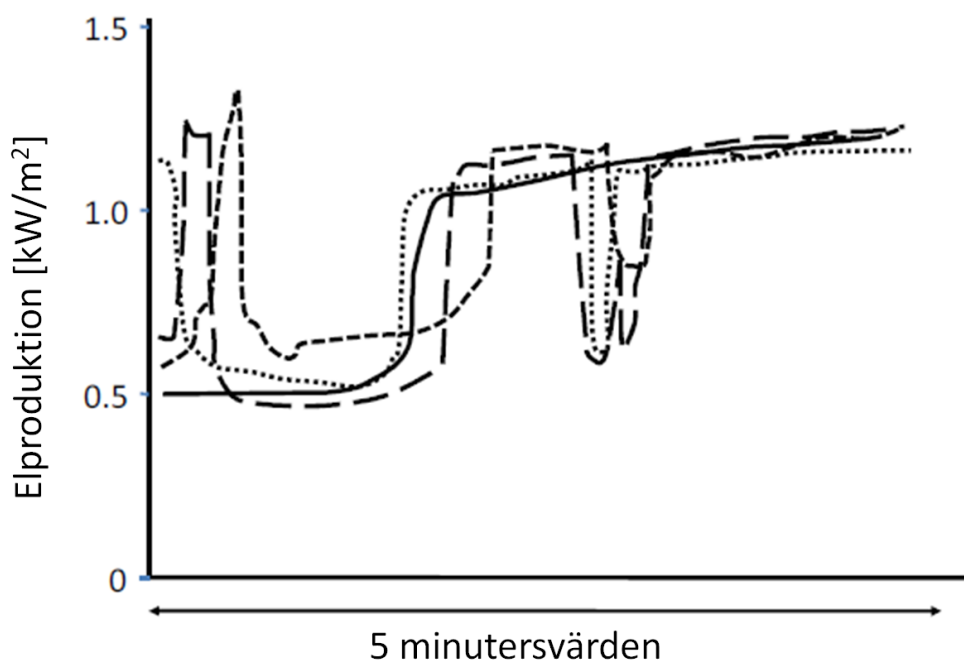
Tabell 1. Verkningsgrad för solceller. Mätningar för laboratorium är uppmätta med etablerad teknik. Kommersiell applikation motsvarar verkliga förhållanden [17].

Typ	Verkningsgrad [%] Laboratorium	Verkningsgrad [%] Kommersiell
Kisel	24.7	15-22
Tunnfilm	5.7 – 13.4 (map. material)	5.7 – 13.4 (map. material)
CIGS	14,1 – 17.1	6-11
Gretzel	11.1	Data saknas, jmf. laboratorie

Elproduktion från olika typer av solceller är principiellt lika och parametrar som påverkar effekt från solceller är temperatur, solinstrålning, samt ström genom och spänning över modulen. Vid olika produktionsförutsättningar finns ett optimalt förhållande mellan spänning och ström. Ytterligare är strålningen från solen inte konstant över tid, vilket innebär att elproduktionen också kan varieras med tid. Det finns förutsägbara variationer efter säsong och dygn, men även korta och oförutsägbara variationer i produktion från skiftande i molnighet. Detta innebär att för ett elektriskt solcellssystem är variationer på tidskalor från säsong ner till sekund att vänta. För en enskild cell kan uteffekt reduceras med 50 % över 1 sekund vid hastigt förändrade solförhållanden. Det kan ge lokal påverkan på ett elnät, men i ett elnät med mycket solenergi ansluten över ett större område kommer variationerna att vara mycket mjukare. För ytterst stora områden jämnas denna variation ut.

Ett exempel på snabba variationer, produktionen vid fyra hus på samma gata, visas i Figur 4. Produktion från individuella paneler varierar över 50 % inom några sekunder, men då avstånd läggs mellan dessa anläggningar är det tydligt att variationen jämnas ut. Detta blir illustrativt i Tabell 2 och i

Tabell 3.

**Figur 4. Exempel på snabba variationer i 4 hus, uppmätta var femte minut [24].**

För Tabell 2 antas det att en molnfri himmel övergår direkt till en heltäckt himmel. Dessa visar att ju större den geografiska ytan som solpanelerna är anslutna över desto mindre blir variationen i den totala produktionen. När solkraft ansluts i form av många mindre anläggningar (typ, individuella hus) kommer snabba variationer i produktion från solpaneler vara högst lokala problem.

Tabell 2. Snabbaste övergångstid för minskning i produktion från solpanel över ett geografiskt område med en väderförändring [24].

Geografisk yta med solpaneler [km ²]	Övergångstid [min]
10	1,8
100	5,5
1 000	17,6
10 000	55,3
100 000	175,8

Tabell 3. Variationer i produktion från solpaneler då Cumulusmoln passerar över en geografisk yta med anslutna solpaneler [24].

Geografisk yta med solpaneler [km ²]	Maximal minskning av effekt under passeringsintervall [%/total kapacitet]			
	1 min	2 min	3 min	4 min
10	15,9	19,1	19,6	19,6
100	5,5	7,5	7,5	7,5
1 000	2,8	3,1	3,1	3,1
10 000	2,7	2,7	2,7	2,7
1000 000	2,7	2,7	2,7	2,7

En solcellsanläggning kombineras ofta med en växelriktare och ett batterisystem. Dessa påverkar också det elektriska nätet och måste därför beaktas. Dessa system kan ge upphov till exempelvis övertoner och kan därför störa vågformen för ström och spänning. Det är också vanligt att solcellsanläggningar ansluts endast på en fas, vilket kan ge obalans i ett elektriskt trefastssystem. Olika former av elkvalitetsmått för solcellsanläggningar är inte direkt reglerade, det styrdokument som delvis täcker in dessa aspekter är EN 50160 [25]. Ytterligare om växelriktare beskrivs under kapitlet *Omriktare*.

I Tabell 4 redovisas vilka maxeffekter som är att vänta för olika typer av konsumenter med solcellsproduktion. Produktionsanläggningar är i regel på några kW. Överstiger effekten den säkring som konsumenten har installerat innebär det att en större säkring behövs (produktion överstiger troligtvis konsumtion), eller att anläggningen måste direktanslutas till det elektriska nätet vilket innebär att anläggningen blir en ren produktionsanläggning. Detta ger ytterligare begränsningar för vad som är rimligt att anta för olika solesproduktionsanläggningar och olika storlekar för Prosumers.

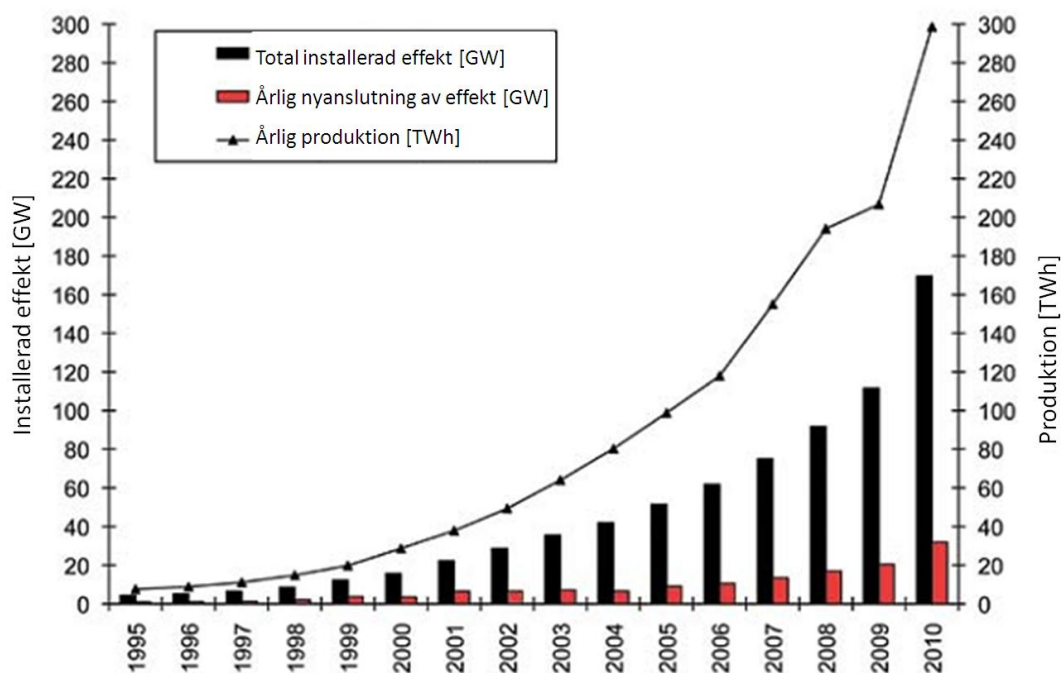
Tabell 4. Exempel olika typer av anläggningar och förväntad produktion från dessa. Storlekar har uppskattats utifrån storlek på verkliga anläggningar [26]. Stor bondgård representerar möjlig framtida anslutning. Möjlig produktion utgår från tidigare redovisade parametrar.

Anläggning	Antagen tillgänglig yta [m ²]	Möjlig effekt [kWp]
Villa	20	3-4,4
Gård/kursgård	40	6-8,8
Hotell, flerfamiljshus	200	30-44
Stort köpcentrum, sportanläggning	500	75-110
Stor bondgård	1000	150-220

Huvuddelen av de nätanslutna solcellsanläggningarna är i dagsläget anslutna där befolkning är koncentrerad i Sverige [26]. Placeras solcellsanläggningar med optimal vinkling är det möjligt att producera en ansenlig mängd energi även i norra Sverige. Anläggningar verkar vara koncentrerade till socioekonomiskt starka områden. Viss spridning sköns även i nord-sydlig riktning [26].

2.3 Vindkraft

Energi från vindkraft i världen ökade med 24 procent 2010 och står i dagsläget för ca 2.3 procent av världens energiproduktion [27]. Ökningen har stigit under de senaste åren (Figur 5).



Figur 5. Ökning av total vindkapacitet och årlig produktion i medlemsländer IEA Wind (85 % av världens vindkraftsproduktion) [27].

Gällande begränsningar i ljudnivå och storlek gör att det inte är troligt med större vindturbiner i stadsmiljö. Den enda möjligheten att ansluta ett vindkraftverk är då en större del av fastigheten och tomten har samma ägare som installatören. Annars kan tillståndsprocessen vara ett betydande hinder för introduktion av vindkraftverk, exempelvis regleras "skuggning" av närliggande fastigheter och tillåten ljudnivå (max 40 dB) [28]. För vindkraftverk på 1 MW är ett troligt avstånd till närmsta byggnad 500 m för att ljudnivå skall vara acceptabel. Aggregeras vindkraftsanläggningar kan avståndet behöva ökas till 1 km [29]. Detta begränsar kraftigt storleken uppåt på vindkraftverk anslutna till Prosumers och vindkraften blir då i de flesta fallen småskalig.

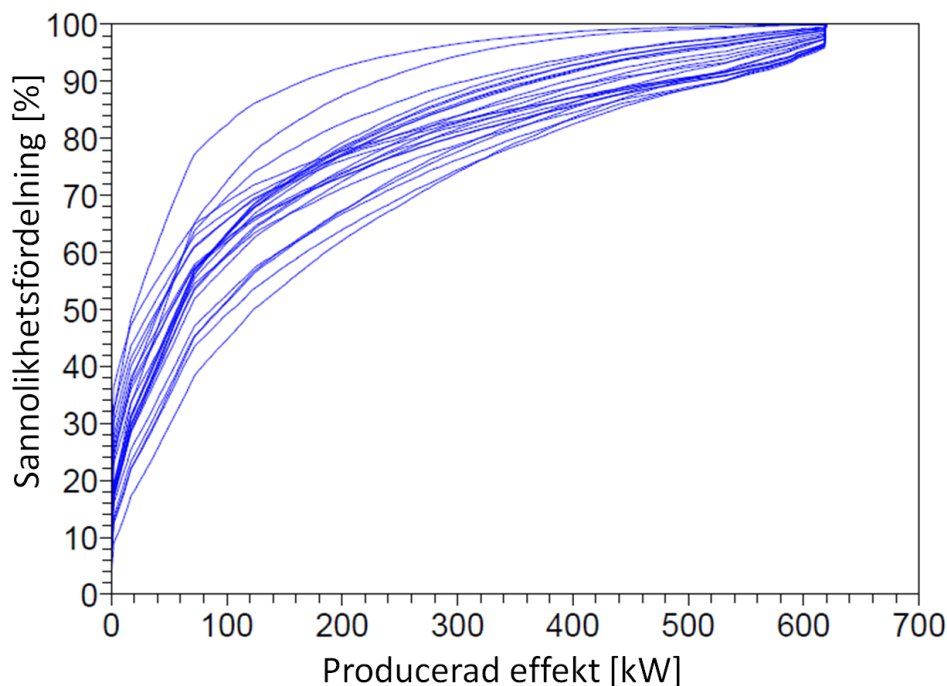
Det finns studier som tyder på att småskalig vindkraft lättare accepteras av allmänheten [30]. Dock kan det vara ett stort problem att ansluta ett småskaligt vindkraftverk i stadsmiljö då det kan orsaka vibrationer som sprider sig i en byggnad. Det pågår arbete för att ta fram ett allmänt certifieringssystem för mindre vindkraftsturbiner, med en sveparea under 200 m² [31].

Vindkraftprojekt förekommer över hela Sverige och är jämnt fördelat i nord sydlig riktning, och till stor del placerade bort från kusten, befolkning (se

exempelvis karta över karta över planerade vindkraftsprojekt [32]). Ingen enhetlig data finns över mindre anläggningar

2.3.1 Lämplig teknik

Bygglov krävs inte om vindkraftverken är under 3 m i diameter. Anläggningar i denna storlek har en märkeffekt under 3 kW. Kostnaden för en sådan anläggning kan vara upp till 75 000 kronor. Möjlig elproduktion begränsas stort av tillgänglig energi i vinden, rörelseenergi. Rörelseenergi förhåller sig med vindhastigheten i kubik, varför hastigheten i vinden blir central för lönsamhet. Figur 6 illustrerar skillnad i energiproduktion med avseende på olika platser men med samma turbin.



Figur 6. Placeringens påverkan på sannolikhetsfördelningen för producerad energi. 600 kW vindturbin placerad på olika ställen i Europa [24].

För anläggning mellan 125 kW och 25 MW behöver det i regel också göras en miljöanmälan av vindkraftsverken. Detta kan vara en försvårande omständighet för privatpersoner och mindre företag.

Vilket vindkraftverk som är möjligt att bygga beror på säkringen, vilken oftast redan bör finnas på plats för Prosumers. Teoretisk maximal tillgänglig energi i vinden, och fysiska förhållanden i vindkraftverket ger varierande uteffekt vid olika typer av vindförhållanden.

Stort vindkraftverk (1 MW och uppåt) har:

- Tillgång till högre vindhastighet, det finns mer rörelseenergi på högre höjd.
- Bättre aerodynamik statiskt sätt.
- Trögare inbromsning.
- Möjlighet till lägre rotationshastigheter (påverkar ljudbild och slitage).
- Färre kostnader för anslutning och kringkostnader per effekt.

Utvecklingen går framåt för mindre verk, men i dagsläget är det inte troligt att de byggs i någon större skala på grund av lägre verkningsgrad. För exempel på vad hus med olika säkringar skulle kunna ansluta, se Tabell 5. Dessa värden kan jämföras med ett vindkraftsverks märkeffekt, verklig produktion skulle vara mycket mindre.

Tabell 5. Anläggningens påverkan på möjlig anslutning av vindkraftverk.

Säkring [A]	Exempel	Max effekt max. säkring [kW]
3x20	Villa	14
3x25	Gård/kursgård, stor bondgård	17
3x63	Hotell, flerfamiljshus	44
3x80	Stort köpcentrum, sportanläggning	55

Något som ytterligare måste beaktas vid anslutning av vindkraftturbiner är om de har asynkron, eller synkron generator. Detta ger följdverkan på slitage och installationskostnad. Till skillnad från solceller som kräver litet underhåll kräver vindkraftverk ett visst underhåll.

2.4 Omriktare

Centralt för produktion av vindkraft och solenergi är omvandling mellan likström och växelström, och därigenom omriktare. Dessa anläggningar kan se ut på olika sätt och har kraftelektronik som kan påverka strömmens och spänningens vågform. Övertonemission från vindkraftsanläggningar beskrivs i [33]. En av slutsatsen av studien är att emissioner är låga på frekvenser där det finns mycket emissioner från andra källor (5e, 7e, 11e, 13e ton osv.) medan deras emissioner är relativt höga för andra frekvenser, som jämna toner och mellantoner.

Det är möjligt att installera anläggningen på en fas eller på 3 faser, vilket även ger utslag för val av växelriktare. Installeras en anläggning på en fas så innebär detta att den fasta installationskostnaden minskas, men att obalans i nätet kommer att uppstå. Installeras anläggningen på 3 faser kommer detta innebära större möjlighet att använda den producerade elen för eget bruk då balans kan erhållas mellan de tre faserna.

Det finns inga standarder som anger vad som är acceptabelt för övertonemission i frekvensområdet över 2 kHz. Tabell 6 ger några exempel på sådana övertoner som kan genereras från omriktaranläggningar. Det finns forskning som tyder på att detta behöver studeras i mer detalj. Då även en mindre andel generering kan orsaka problem. Det finns även risk för att kondensatorbatterier och kablar i närheten av produktionsanläggningar kan ge upphov till resonans [33] & [34].

Tabell 4 ger emissioner från ett antal omriktare i frekvensintervall mellan 2 och 9 kHz. Det finns för tillfället inga krav emission från apparater eller på spänningsdistorsionen i detta frekvensområde.

Tabell 6. Emission från kraftelektroniska omriktare i område 2 till 9 kHz [34].

För 200-Hz	Beskrivning
1,5 %	2 250 W inverter, solcell
0,3 %	Uppmätt under ordnade förhållanden, laboratorieförhållanden.
12 %	DFIG likriktare. Basström var samma som omriktarström (lägre störning om total ström används som bas).
3,3 %	100 kW mikroturbin
5 %	110 W likriktare, solcell
2,4 %	150 W likriktare, solcell
3,1 %	100 kW likriktare, solcell

Kostnad för omriktare skiljer sig map storlek och applikation. Några typexempel följer i Tabell 7. Med ökande storlek, upp till 15 kW, ger detta minskande kostnad för komponentpris. Det finns flera olika anslutningsmöjligheter och olika typer av anläggningar som kan användas. Omriktarsystem för en vindkraftsanläggning kostar ungefär 50 000 kr för synkrona verk under 10 kW.

Tabell 7. Kostnad för olika omriktare samt styrsystem. Priser varierar map. antalet moduler som kan anslutas till varje anläggning [35].

Typ	Storlek [kW]		
	3	8	15
Växelriktare för nätanslutning till 230 V	– 18 000 kr	18 000 kr –	27 000 kr –
		38 000 kr	43 000 kr

2.5 Kraftvärme

Produktion av kraftvärme härrör ofta från:

- Halm
- Pellets
- Spannmål
- Trädbränslen
- Flis
- Biogas/Naturgas

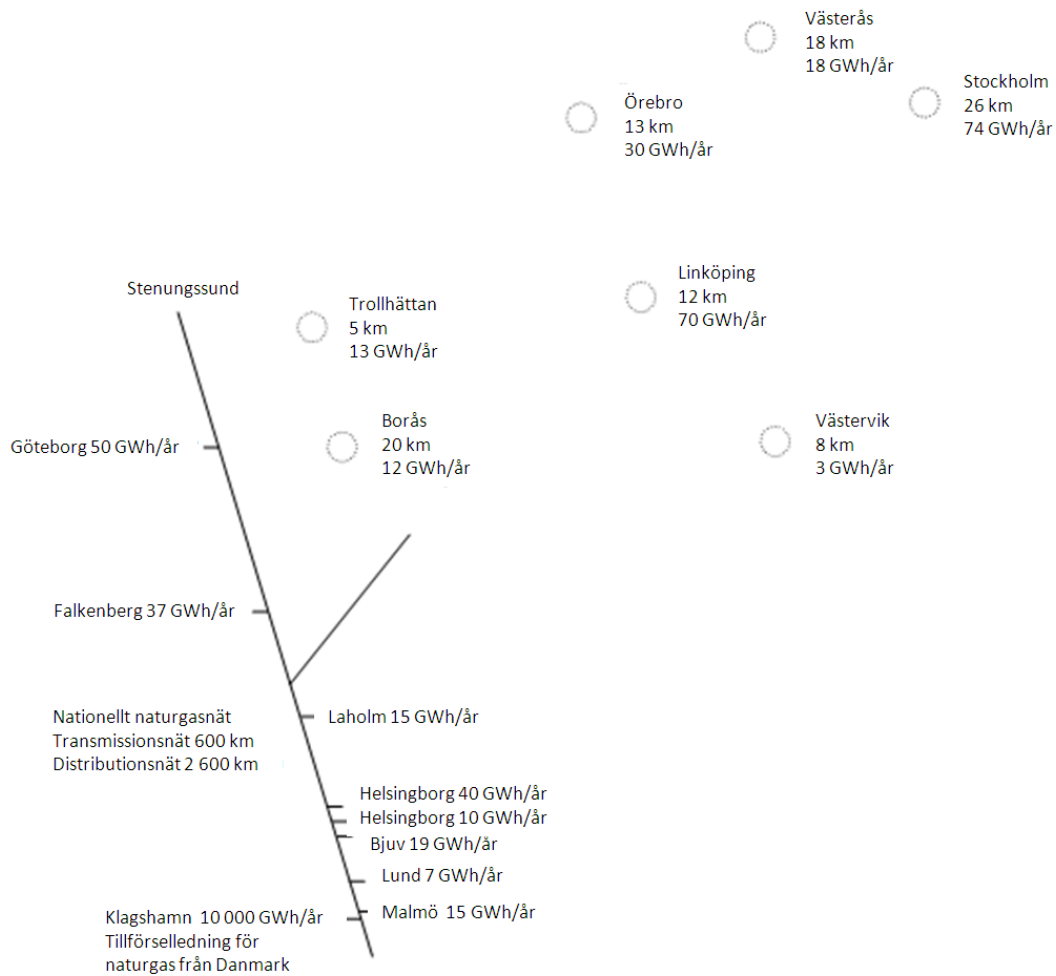
Mervärde är ofta viktigt och kan exempelvis fås genom avsättning av rötresten som gödsel.

Kraftvärme från Prosumers antas ha liknande effekt som i Tabell 5. För dessa storlekar är det centralt att hitta avsättning för värmen, annars kan det vara svårt att få ekonomi i kraftvärmeprojekt. Tas exemplet kraftvärme från biogas med ett gårdsscenario om 100 djurenheter behövdes 100 MWh värme kunna avsättas till ett pris av 600 kr/MWh för att lönsamhet skulle kunna nås 2011 [36]. För biogasanläggningar spelar även möjligheten till avsättning av gödsel stor roll. Dock finns det hinder för spridning av gödsel från rötresten. KRAV² accepterar exempelvis inte rötresten från slaktgödsel.

Det finns få småskaliga kraftvärmeanläggningar i kommersiellt bruk i Sverige, närhet till substrat påverkar lönsamhetspotential för anläggningar. För biogas blir det exempelvis över 10 mil markant dyrare att transportera biogas via gasledning. Det kan även vara oekonomiskt att transportera mindre mängder biogas, eftersom investeringskostanden inte är kopplad till mängden transporterad gas [37]. Naturgasnät i Sverige ges av Figur 7, där en stor användning av gasen är till fordonsgas och uppvärmning [38]. Det är därför mindre troligt att gasen kommer att användas för förbränning. Dock är det möjligt att utnyttjande av gas kommer förekomma i något större utsträckning i de områden och regioner där erfarenhet finns av gashantering.

Att installera biogas tillför även klimatnytta. I Sverige är nyttan i de flesta fall störst då fordonbränsle kan ersättas med biogas, ej när gas används till att producera el. Biogasproduktion har tydliga skalfördelar, vilket minskar avkastningsmöjlighet för små enheter. Biogasproduktionen ökar under sommar vilket ger säsongsvariation [37].

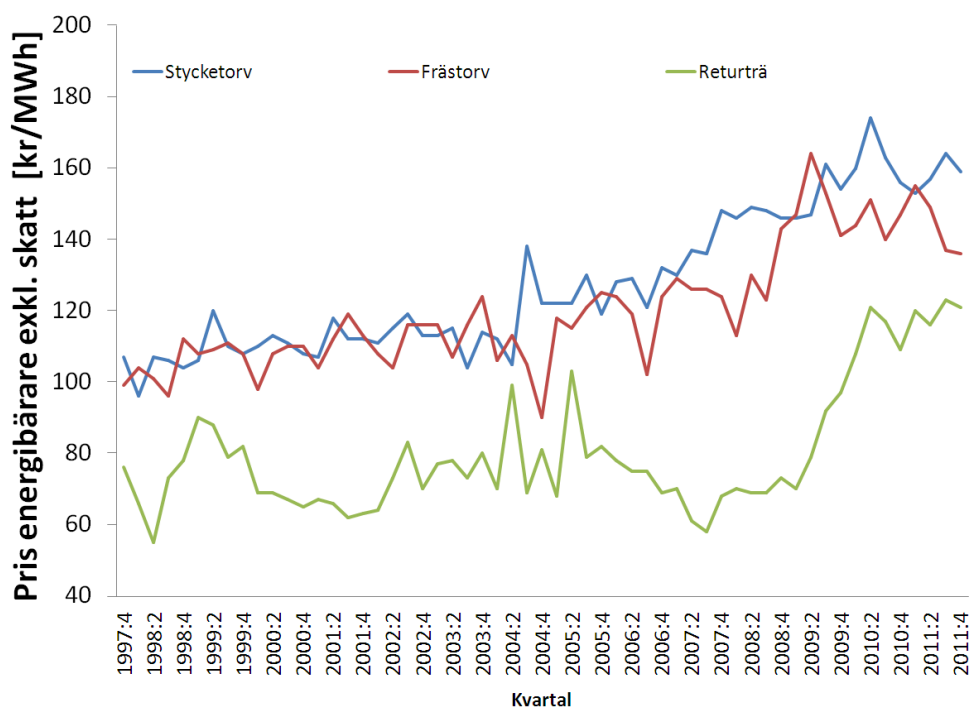
² KRAV ekonomisk förening är ett svenskt organ som utvecklar regler för ekologisk odling och djurhållning, förädling och tjänster (<http://www.krav.se>).



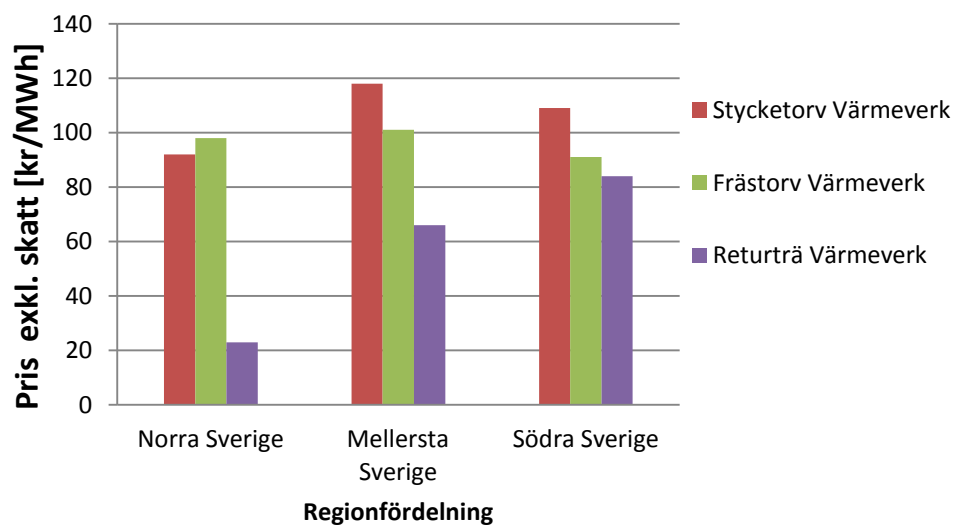
Figur 7. Utbredning av naturgasnätet i Sverige [38].

Bränsle till kraftvärmeanläggningar varierar stort. Fastbränsleanläggningar är ofta beroende av ett lokalt bränsle, som halm, spannmål eller trädbränslen. Priset för dessa bränslen och egen tillgång är central. Naturgas är en lokal, eller regional företeelse, framför allt inom Sydvästra Sverige. Ytterligare utbyggnad av naturgassystemet är inte troligt. Pellets går att tillskansa sig i hela Sverige och kostnaden per ton är mellan 2300 och 2800 kr [39].

Prisutvecklingen för trädbränslen i Sverige till fjärrvärmeanläggningar redovisas av Figur 8. Priset har ökat med ca 30 %. Figur 9 ger pridfördelning av trädbränsle i Sverige. I södra Sverige verkar priset på trädbränsle vara högre och därför finns större konkurrens om trädbränslen. Risk finns att det höga priset sänker lönsamhet för kraftvärmeproduktion.



Figur 8. Pris för trädbränsle uppdelat på energibärare, bearbetat från [40].

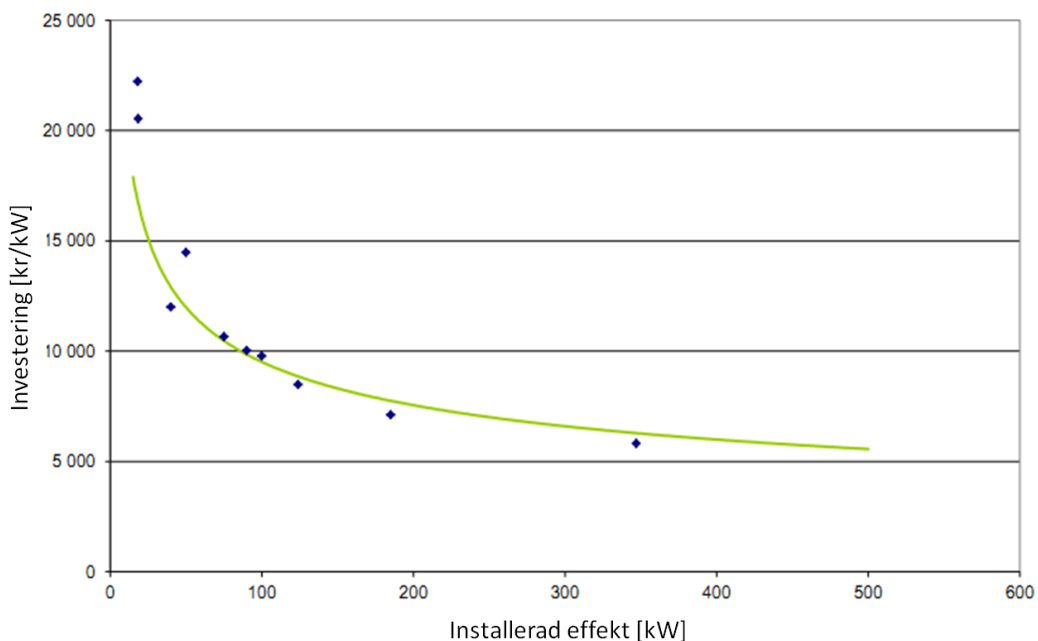


Figur 9. Prisfördelning av trädbränsle med avseende på region i Sverige [40].

2.5.1 Lämplig teknik

Lämplig teknik skiljer sig från fall till fall och möjlighet till avkastning beror till stor del på möjlighet till avsättning av restmaterial och möjlighet att tillgodogöra sig energibärare till ett lägre pris. Detta kan realiseras genom exempelvis en jordbruksanläggning med skogsmark eller egen produktion av rötningssubstrat på en stor djurgård.

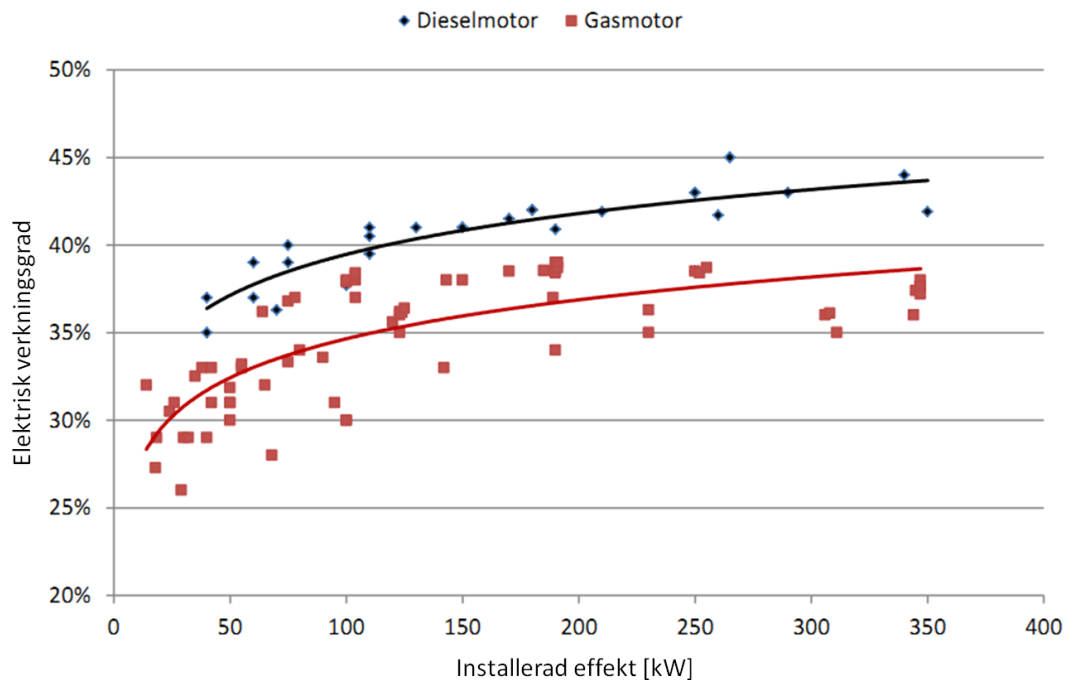
Detta skulle tala för att mindre kraftvärmeanläggningar kunde vara lämpliga. Dock finns det skalfördelar med kraftvärmeproduktion, mindre anläggningar ökar i pris per effekt, se Figur 10. För installation av biogas för kraftvärme tillkommer även merkostnad i intervallet 120 000 till 150 000 kr då installerad el-effekt är mellan 40 och 340 kW. Till detta bör även underhållskostnad läggas [41]. Figur 11 visar att högre kostnader vid lägre effekter kan bero på att den elektriska verkningsgraden stiger med installerad effekt, verkningsgraden varierar typiskt mellan 30-40 % för gasmotorer, Figur 11. Detta gör det svårt att få lönsamhet i kraftvärmeproduktion, men om elpriset ökar kan det vara möjligt [42]. Det är också risk att då elpriset ökar ökar också priset på energibärare för kraftvärme (ex trädbänslen).



Figur 10. Investeringskostnader för motorer, delvis baserat på tyska resultat [41].

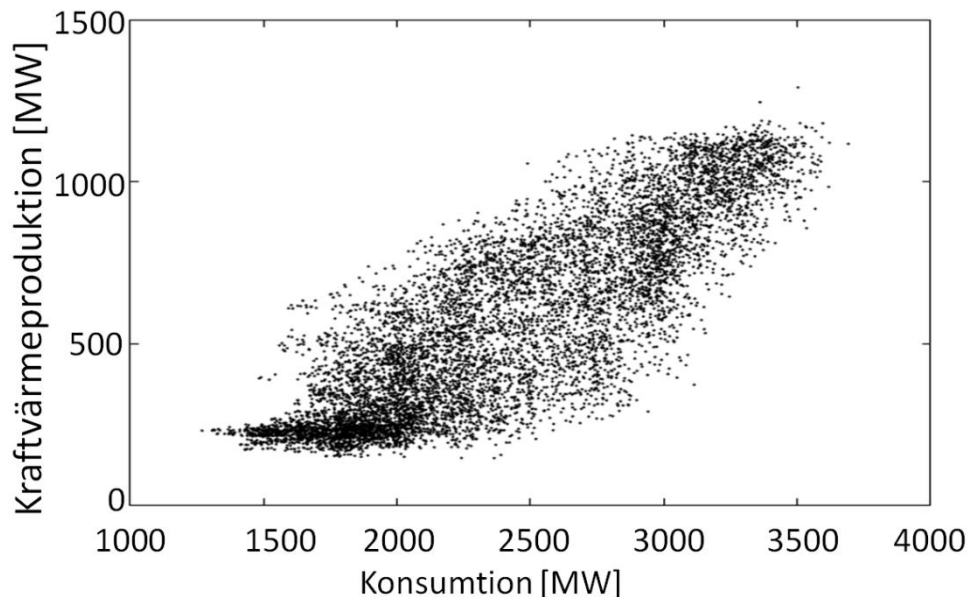
Ytterligare ett problem med mindre anläggningar är att reglermöjligheterna kan vara begränsade, till antingen maximal eller noll elproduktionen. Detta kan skapa problem för elnätet [24].

Elproduktion från kraftvärme är inte så väl utvecklad i Sverige. Jämförs elproduktionen från kraftvärme i Sverige med elproduktionen från kraftvärme i Danmark är det i Danmark möjligt att finna korrelation mellan elproduktion från kraftvärme och den totala elkonsumtionen under ett år.



Figur 11. Verkningsgrad för motorer map. på elektrisk produktion [41].

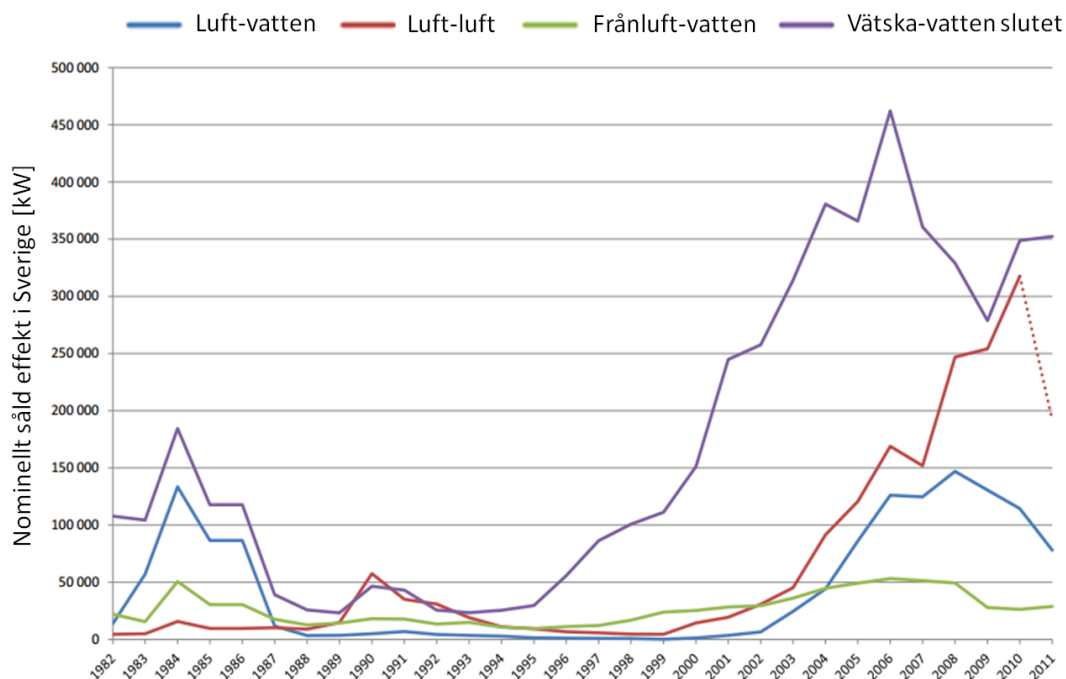
Figur 12 visar att hög elproduktion från kraftvärme sammanfaller med hög förbrukning. Det betyder att kraftvärme har stor potential att stödja systemet när det finns hög förbrukning. Men för distributionsnätet kan det finnas vissa områden med hög andel elvärme och andra områden med hög andel kraftvärme. I så fall skulle båda områden kunna bli överbelastade.



Figur 12. Korrelation mellan elproduktion och kraftvärmeproduktion i Danmark [24].

2.6 Värmepumpar

Antalet sålda värmepumpar har ökat stadigt under 2000-talet (Figur 13). Försäljningen av värmepumpar är konjunkturkänslig och därför kopplad till övrig ekonomisk utveckling. De senaste åren har försäljningen av värmepumpar minskat något. De flesta värmepumpar har en livslängd i spannet 8 till 10 år. Värmepump mellan vätska vatten kan hålla något längre, mellan 15 och 25 år.



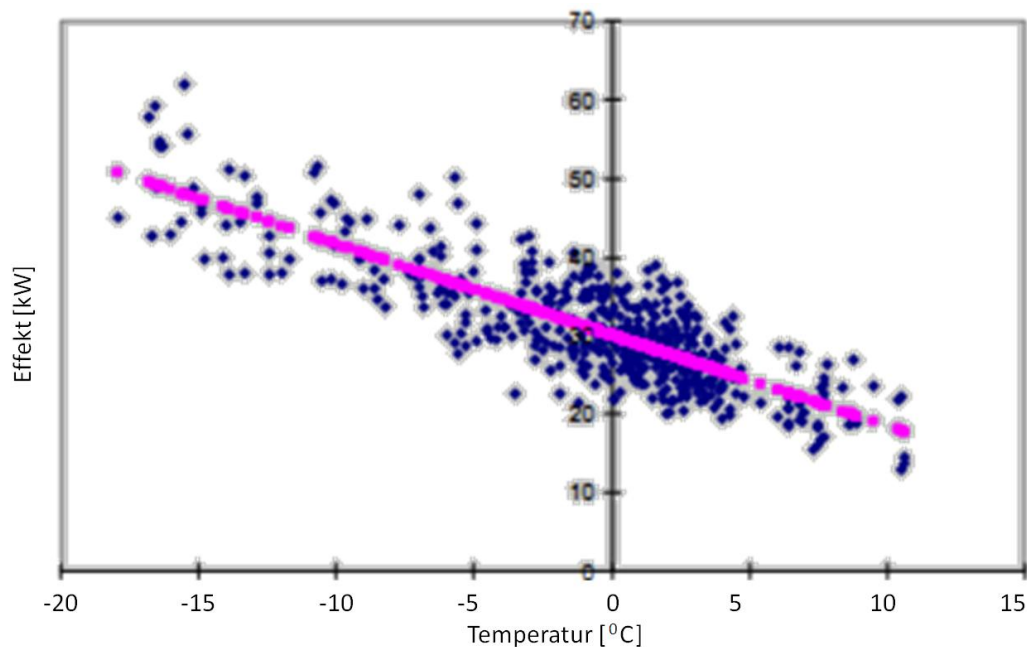
Figur 13. Värmepumpförsäljning i Sverige under perioden 1982 till 2011 uttryckt i nominell effekt [43].

Värmepumpar utnyttjar temperaturskillnader för att utvinna energi. Det finns olika typer av värmepumpar med olika kylmaterial och olika kylmedium. Temperaturskillnader i luft, jord, berg eller sjö kan utnyttjas [44]. Med en värmepump är det möjligt att få avsättning för uppvärmningskostnaderna för ett mindre hus. Detta innebär att el används för att värma huset, vilket kan vara mycket fördelaktigt beroende på applikation och område. Värmefaktor (COP) avgör hur mycket energi som kan utvinnas från en värmepump. Normala COP-värden är 2-4,5.

Skall värmepumpar utvärderas måste systemet där värmepumpar installeras i också belysas, utvärderas och jämföras med befintliga system, som exempelvis fjärrvärme eller uppvärmning med hjälp av pellets. Inom flertalet storstadsregioner är det vanligt att värmepumpar installeras som uppvärmning av villor och denna trend förväntas kvarstå eller öka. Konkurrens sker ofta med fjärrvärmebolag, och vilken lösning som är bäst är ett ekonomiskt hänsynstagande och en analys av förekommande riskbild.

Värmepumpar är beroende av temperaturskillnad mot kylmaterial, då temperaturen minskar i detta minskar även verkningsgrad för värmepumpar. Detta bör beaktas för kalla temperaturer i Sverige. Uppvärmning från en värmepump innebär också att en viss mängd el kommer att dras från nätet. Från effektmätningar med 20 kunder med luft/luft värmepumpar och luft/vatten värmepumpar verkar minskad utetemperatur i intervallet -15 till 10 °C ge linjärt ökad elförbrukning [45]. Dock är det oklart vad som händer vid lägre temperaturer, därför krävs ett visst mått av försiktighet. Mätningen är gjord i Skåne, varvid låga temperaturer bör förekomma endast under korta tidsintervaller. Det vill säga att lagrad energi i huskroppen kommer att påverka energiåtgången, effekt dragen från distributionsnätet för uppvärmning blir initialt lägre, tills huskroppen kylts ner.

Priset för en värmepump kan ligga mellan 10 000 och 100 000 kr, stor skillnad råder mellan olika typer. Värmepumpar kan anslutas till ventilationssystemet eller till det vattenburna systemet.



Figur 14. Effektförbrukning för 20 luft/luft eller luft/vatten värmepumpar i Skåne [45].

2.7 Elbilar

Elbilar eller elhybrider förekommer i offentlig diskurs och det är troligt att antalet elbilar kommer att öka i framtiden. Antalet registrerade elbilar är idag lågt. Totalt fanns 2011 i Sverige 4,4 miljoner registrerade personbilar [46], om 1 till 2 % av dessa skulle ersättas med elbilar innebär det 44 000 till 88 000 stycken elbilar.

Batteriet till de vanligaste elbilarna i Sverige innehåller idag ca 20 kWh energi [47]. Detta kan motsvara 900 till 1800 MWh energi för 1 – 2 % av Sveriges personbilsparc. Potentiellt kan denna energi i elbilens batterilager ur ett Prosumerperspektiv användas för att fylla produktionsunderskott och ta hand om produktionsöverskott i elnätet, men med *begränsningar*:

- Endast en del av bilarnas kapacitet kommer att vara tillgänglig beroende på önskad körning [48].
- Priset måste motsvara minsta kostnaden för utnyttjande av elbil, batteri och infrastruktur för att hantera elbilen.

Nedan följer resonemang kring hur mycket energi och hur stor effekt 1 – 2 % bilar av Sveriges bilpark skulle kunna påverka elnätet med om de vore elbilar.

I Sverige är ca 70 % av all resor under 15 km och ca 45 % av resorna är under 5 km [49]. Ytterligare faktorer som påverkar är när elbilsägaren skall åka iväg nästa dag. Elbilsägare vill troligen inte heller köra sitt batteri i botten och använder antagligen inte all tillgänglig energi i batteriet. Potentiellt finns det som minst 250 till 500 MWh tillgänglig energi från elbilar vid ett givet tillfälle, då hänsyn tas till elbilar som gör resor under 5 km (energigång per mil antas vara 1,5 kWh och beräkningsbas är 1 till 2 % av alla tillgängliga personbilar). Begränsande för urladdning är säkringen och infrastruktur kring elbil.

En bil inkopplad mot ett vanligt vägguttag med 20 A motsvarar drygt 4 kW. Tesla High Power Wall Connector har en maximal laddningsström om 70 A (motsvarande 15 kW). Detta kan jämföras med nuvarande effektreserv om 1 700 MW, som har en upphandlingskostnad om 140 Mkr [50], ca 80 kr per kW. Detta skulle innebära 300 till 1 200 kr per elbil och avtalsperiod. Det utgår också en betalning vid uttag av maxeffekt. Om det antas att tillgänglig effekt motsvarar de bilar som gör resor under 5 km för det tidigare definierade urvalet på 1 till 2 % så skulle den totala elbilseffektreserven kunna vara 80 till 160 MW.

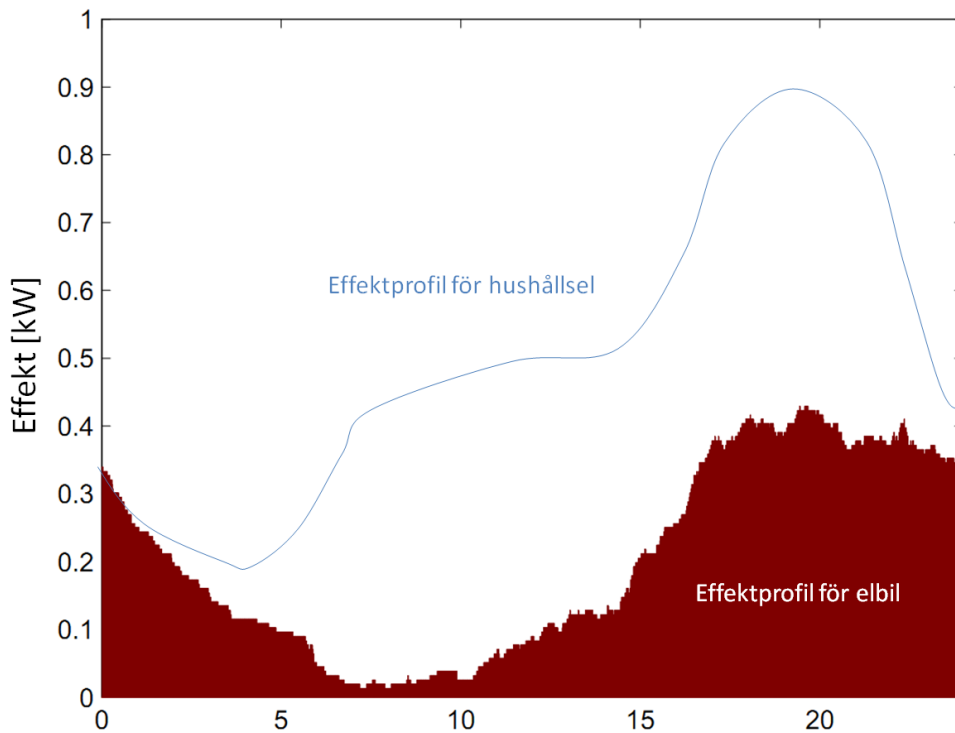
Om priset för en elbil antas vara 300 000 kr, där batteriet antas att stå för 1/3 av denna kostnad, 100 000 kr, och bilen antas ha en livslängd under normal drift på 4 år, innebär detta att batteriet skrivs av med 25 000 kr om året. Med laddning och urladdning av batteriet är det rimligt att det cyklas 2 ggr per dygn, eller 730 cykler per år, om bilen i normala fall används till och från jobbet. Diskonteras slitage över avskrivningstiden och om en extra urladdning sker per dygn innebär detta att kostnaden för 20 kW elbilseffektreserv är ca 10 kr. *Det vill säga idag ca 1 krona per kW i slitage.* Till denna kostnad bör läggas infrastruktur för laddning till och från nätet.

Jämförs en elbil med kostnaden för elproduktion från gasturbin bör den inte överstiga 1500 kr per kW. En gasturbin kan kosta 1400 till 2100 kr per installerad kW [51]. Den rörliga delen för slitage på batteri driver upp användningskostnad av elbilslager. Om elbilen används inom ramen för tillåten effekt in och ut bör inte slitage vara ett problem.

Ytterligare faktorer som påverkar utnyttjande av elbilen är rådande förhållanden i elnätet. Effekttopp i Sverige förekommer tidig morgon och på sen eftermiddag, det vill säga, den sammanfaller med de tillfällen då elbilen antas utnyttjas, Figur 15. Det kan innebära att om elbilen introduceras kan effekten under höglast öka.

En rimligare användning av elbilen är att ta hand om produktionsöverskott på el. I Danmark förekommer fall med negativa elpriser, då produktionen är stor från samtliga vindkraftverk. Vindproduktion är inte starkt korrelerat till någon viss tid på dygnet, det vill säga om laddning kan senareläggas och om laddning sker inom rimliga nivåer är det möjligt att styra laddning till rådande förhållanden i elnätet, efter Demand-Response. Laddalgoritm skulle kunna fördröja uppladdning, men fullgod energi måste återfinnas i batteriet då bilen skall utnyttjas och laddning måste hållas inom tekniska begränsningar för respektive elbil. Vid långsam laddning innebär detta ca 3 kW. Att ladda en bil tar därför ca 7 h. Som mest skulle det finnas 130 till 260 MW effekt om antalet elbilar i Sverige är 1 till 2 % av nuvarande bilpark. Detta skulle kunna skapa en påvisbar effekt i det Svenska elnätet.

Framväxt av elbilar kommer troligtvis att ske i stadsmiljö, där resorna är kortare och befolkningsunderlaget är större.



Figur 15. förbrukningsprofil för elbilar med minutupplösning [52] och effekttopp för hushållsel från ett urval av 400 hushåll [53].

2.8 Energilager

Det finns flera olika typer av energilager, från fysiska, som vattenkraft och svänghjul, till kemiska som batterilager och saltlager. De vanligaste energilagren i elkraftssystemet är vattenkraft (pumpkraft). Dessa energilager kräver omfattande åtgärder (dammar, kanaler) och är lokaliserade till specifika platser och har därför inte Prosumerkaraktär. Lager i mindre storleksordning, med hög mobilitet, är batterilager och vätgaslager.

2.8.1 Batterilager

En del av de större batterilager som finns installerade är på försöksstadiet och tekniken är i dagsläget dyr. Ett batterilager är i praktiken en Prosumerkomponent i och med de förluster som förekommer i batterilagret, en konsument med endast ett batterilager kommer alltid konsumera mer än han producerar. Då denna studie fokuserar på Prosumers, där anslutning sker på kundsiden av mätare, innebär det att batteriapplikationer företrädesvis är UPS eller batterilager i samband med egen variabel energiproduktion. Energilager för att öka utnyttjande av elnätet behandlas i detalj i exempelvis [54]. Energilager på kundsiden av mätaren är oftast kopplade till reservkraft (exempelvis UPS) eller till lagring av energiproduktion från exempelvis solceller.

Solceller som inte är nätanslutna har troligtvis energilager anslutet. Totalt finns över 4 MWp solcellsanläggningar anslutna i Sverige. De flesta av dessa anläggningar är med största sannolikhet fritidsboenden, eller sommarboenden, där relativt hög tillgång på solenergi finns. Antas dessa anläggningar ha batterilagerkapacitet motsvarande installerad peak-effekt och den är tillgängligt för lagring så kan detta innebära 4 MWh energi finns tillgänglig, som eventuellt kan handlas med. Möjlighet för Prosumer följer resonemang i avsnitt 2.7, där energiutnyttjande från en elbils batteribank beskrivs. Batterier till solcellsanläggningar bör kunna handlas med eftersom applikationen är installerad för att leverera energi på dygnsbasis.

Skall UPS användas för att handlas med måste fullgod säkerhet iakttagas, eftersom dessa lager är inhandlade för att erbjuda reservkraft. En möjlighet kan vara att dessa används då reservkraften inte används. Då bör problemet UPS:en ska skydda mot kunna förutsägas med god marginal.

De vanligaste batterierna för reservkraft är blysyrbatterier, men li-jon kommer troligtvis också vara förekommande i framtiden. Minskning av energiinnehåll på grund av batteriförluster är lägre för li-jon batterier, se Tabell 8.

Tabell 8. Verkningsgrad för reservbatterisystem (gällande en cykel bestående av laddning och urladdning), baserad på praktiska experiment utförda på STRI:s testanläggning i Ludvika [55] samt studier [56]. För lång lagring minskar verkningsgraden mer än i tabell.

Batterityp	Verkningsgrad [%]
Li-jon	70-95
Blysyra	60-80

Batterikemi påverkar ytterligare lagrets möjlighet att leverera energi under korta tidsintervaller. Med den prisbild som finns idag kan det innebära att det kostar mer då handel görs med dem än vad som tjänas på handel. Vid en UPS kommer batterierna att användas sällan till mycket sällan. Används batterier ofta måste prisbilden vara bra.

Det finns tro på att batteripriset kommer att gå ner mycket, speciellt med tillverkning från li-jonbatteri. Dessa komponenter är lovande, och de kan i framtiden produceras med allt högre verkningsgrad.

2.8.2 Vätgaslager med bränsleceller

Verkningsgraden för bränsleceller är lägre än för batterier, se Tabell 9. Teknik för att producera el från vätgas används idag inte i någon större skala. Sista kolumnen i tabellen ska jämföras med värden i Tabell 8.

Tabell 9. Verkningsgrad för vätgaslager [57]. Verkningsgraden inkluderar användningen av elektrolysör och bränslecell.

Typ	Verkningsgrad [%]		
	Lagring	Användning	Totalt
Vätgas	70	45	32
Vätgas (flytande väte)	50	45	25

En stor fördel med vätgaslager är att de kan användas för att lagra energi under längre tidsperioder vilket gör att de på säsongsbasis kan jämna ut variationer i nätet. Det är svårt att uppskatta exakta kostnader för dessa typer av system, endast ett system är i kommersiell drift för att kunna jämna ut skillnader i ett större distributionsnät [58]. Förmodligen kommer användningen att bli begränsad, speciellt så länge som det finns vattenkraft anslutet i Sverige som kompenserar variationer i förbrukning.

Vätgas kan även användas som drivmedel i bilar, mycket likt bensin. Det finns krafter som verkar för ett vätgassamhälle [59], likt det nuvarande petroleumsamhället. Fördelen är att en stor del av befintlig infrastruktur skulle kunna utnyttjas för vätgas. Dock talar låga verkningsgrader för tillverkning och omformning av vätgas emot detta.

3 Elektriska nät och meteorologi

Förutom de begränsningar som följer med specifika Prosumers, se kapitel 2, kommer utveckling att styras utifrån de geografiska förutsättningarna som råder. *Meteorologi* påverkar och tillgänglig sol och vind ger direkta utslag på möjlig produktion från solceller och vindkraft. I detta kapitel redovisas även temperatur för olika områden i Sverige. I fallet värmepump och vid kraftvärme blir det intressant att undersöka utetemperaturen.

Det görs i detta kapitel även en genomgång av *elektriska nät* och vilken påverkan Prosumers kan tänkas ha på dessa nät. Det är av yttersta vikt att belysa hur det elektriska nätet ser ut för att kunna uppskatta vilken typ av introduktion från Prosumers som är möjlig.

3.1 Elektriska nät

I Sverige finns det flera olika typer av elektriska nät. Hur det elektriska nätet ser ut kan variera stort och beror på vilka fysiska förutsättningar som finns och vilka förutsättningar som finns med avseende på anslutna kundgrupper och produktion. Näten ser annorlunda ut på olika spänningsnivåer. På lågspänningsnivå där vi har de flesta Prosumers är det framförallt skillnaden mellan stadsnät och landsbygdsnät som är relevant, se Tabell 10.

Tabell 10. Olika typer av nät och deras kännetecknande.

Nättyp/placering	Kännetecknas av
Stadsnät	Ofta stark anslutningspunkt, konsumtion och produktion påverkar spänning i mindre utsträckning. Ofta kablfierade.
Landsbygdsnät	Svagare än stadsnät och ibland mycket svagt. Variationer i produktion och konsumtion kan ha stor påverkan på spänning. Stor andel luftledningarna men trend mot större andel kablar.

De Prosumers som kan komma att anslutas (på basis av avsnitt 2) bör jämföras med den konsumtion som redan finns i det elektriska nätet i dagsläget. Några exempel på effekter redovisas i Tabell 11.

Tabell 11. Exempel på hushållskonsumtion i förhållande till effekt.

Last	Effekt [kW]
Vattenkokare	1
Spis	6
TV/ bärbar dator	0.1

Det är rimligt att anta att exempelvis en vattenkokare slås av och på under korta tidsperioder, vilket innebär att det elektriska nätet måste kunna hantera detta. För konsumtion förekommer snabba spänningsförändringar redan idag. Det kan det bli något problematiskt om konsumtion eller produktion växer i storlek, vilket skulle försvåra fullgod översyn. Nedan så följer en kort beskrivning av problematik som nätet kan ställas inför från Prosumers. Ytterligare information finns i [24] och [34].

3.1.1 Problematik för elnätsägaren

En elnätsägare måste fundera kring vad som är värt att mäta och registrera och hur data skall presenteras. Det pågår utvecklingsarbete inom IEC 61850, vilken är en standard för enhetlig presentation av datavärden. Att även Prosumers har kommunikation enligt denna standard inbyggd underlättar möjligheten för dem att stödja nätet och marknaden, t.ex. genom Demand-Response.

Ett stort problem med anslutningen av ny produktion är att skapa realistiska scenarier med korrekta modeller för produktionen. Detta därför att det finns en stor brist på tillförlitliga och detaljerade modeller för att kunna göra mer avancerade simuleringar [60]. För distribuerad generering som ansluts till låg eller mellanspänningsnätet är de viktigaste aspekterna som måste ses över [60], [34], [24], exempelvis:

- Spänningsvariationer, både snabba och långsamma variationer (svårt att nå via Demand-Response i dagsläget då det gäller tidsskalor under minutbasis).
- Elkvalitet (att en tillräcklig jämn sinusvåg på spänning och ström kan upprätthållas; att konsumtion och produktion är tillräckligt jämt fördelat mellan faserna)
- Reläskydd
- Tillförlitlighet, felnivåer
- Överbelastning och nätförluster

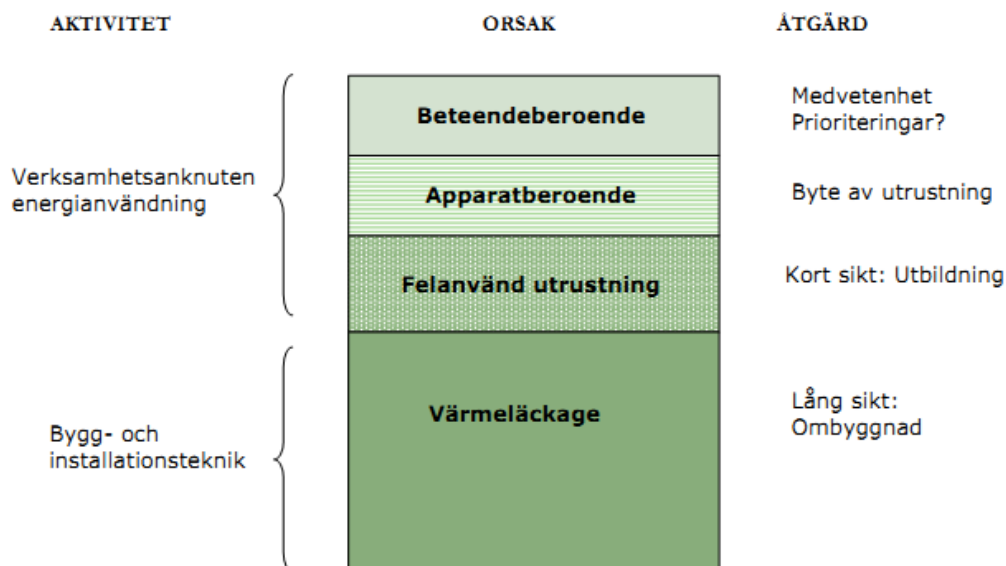
I elnätet så finns det olika mätare installerade och en uppgradering kan behövas när en ren producent eller konsument blir en Prosumer [61].

Hur ett elnätsbolag skall hantera ökad anslutning av nya Prosumers är en viktigt fråga som måste hanteras på rätt sätt. I avsnitten nedan kommer konsumtion i elnätet, samt möjlighet till styrning av Prosumers att belysas.

3.1.2 Konsumtion

Nedan följer en beskrivning av typkonsumtion i Sverige och möjligheten till att styra denna utifrån ett Demand-Response perspektiv. En genomgång görs av tillämplig teknik och därefter så följer en fördelning av energianvändning i Sverige.

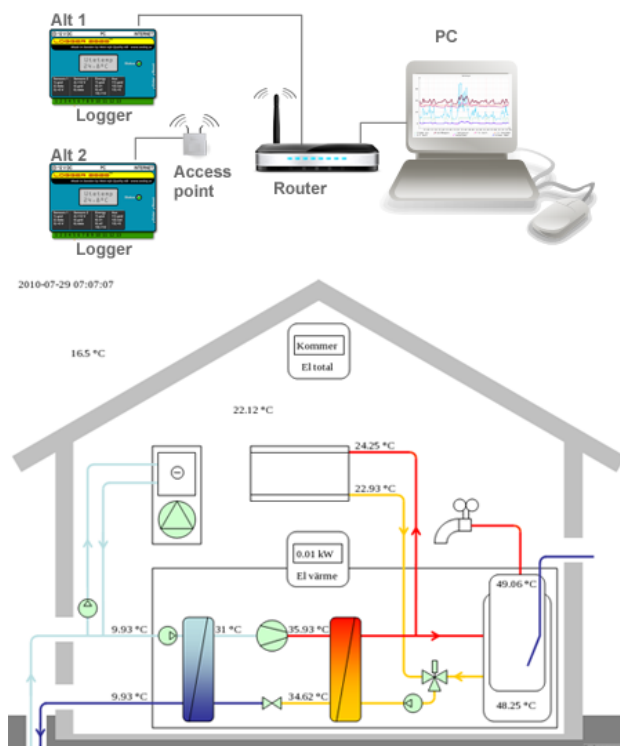
Det finns troligtvis potential för styrning av konsumtion för varierande områden utifrån ett Demand-Response perspektiv. Beteende hos användare påverkar stort, om exempelvis innetemperatur ökas eller minskas med ca 1^o C under uppvärmningssäsongen motsvarar det enligt [62] ca 5 procent av energianvändningen. Det är möjligt att få till en energiminskning med 25 procent genom ett förändrat beteende [63], [64]. Vilka åtgärder som är möjliga att genomföra i en fastighet förtydligas i Figur 16. Med tillräckliga incitament och kunskapsdiffusion är det möjligt påverka energianvändningen. Beteendeförändring och incitament kan skapas genom Demand-Response och det är möjligt att genomföra laststyrning.



Figur 16. Möjlighet till att minska energianvändningen uppdelat på olika verksamhetsområden [62].

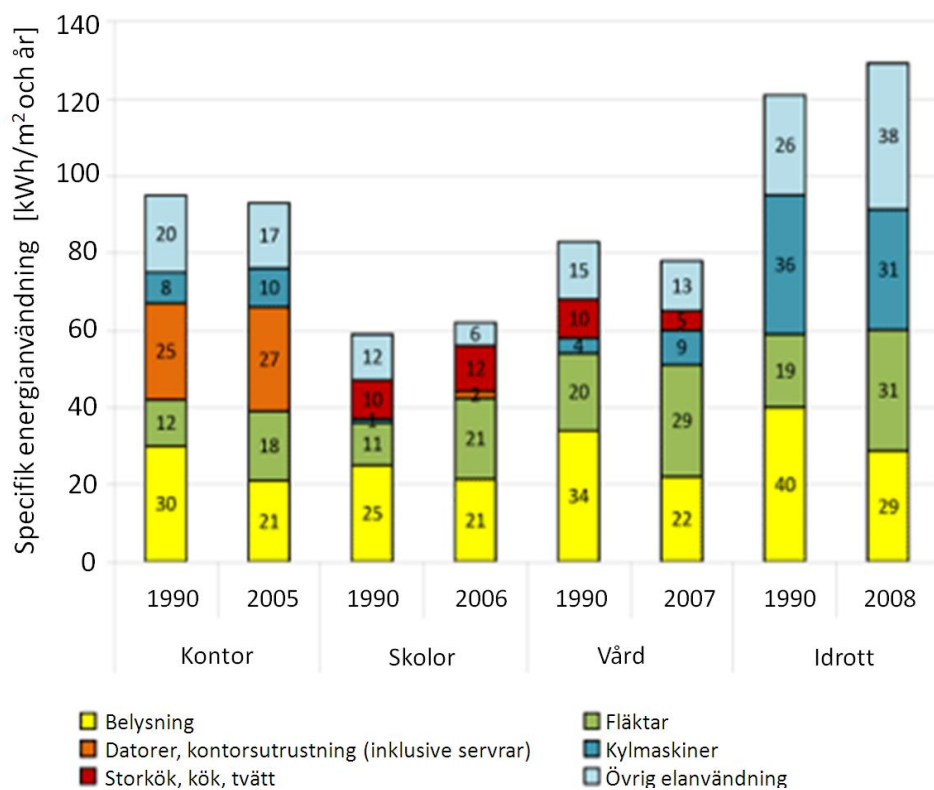
3.1.3 Laststyrning

Med kontroll och översyn har den enskilda konsumenten möjlighet att styra sin egen energikonsumtion. Det finns i dagsläget flera system för vilka det är möjligt att sampla elproduktion och konsumtion och logga dessa i egen databas eller internetbaserad portal, vilket förenklar översyn och kontroll (för ett exempel på ett sådant system se Figur 17). Förutom loggning av kraft har dessa lösningar ofta möjlighet att logga temperatur, fukt och värmeproduktion. Flera bolag som erbjuder denna teknik erbjuder även ett webbaserade interface där det är möjligt att jämföra egen produktion med liknande fastigheter. Ett system för loggning och webbövervakning kostar mellan 1 200 och 3 000 kr [65], [66], [67].

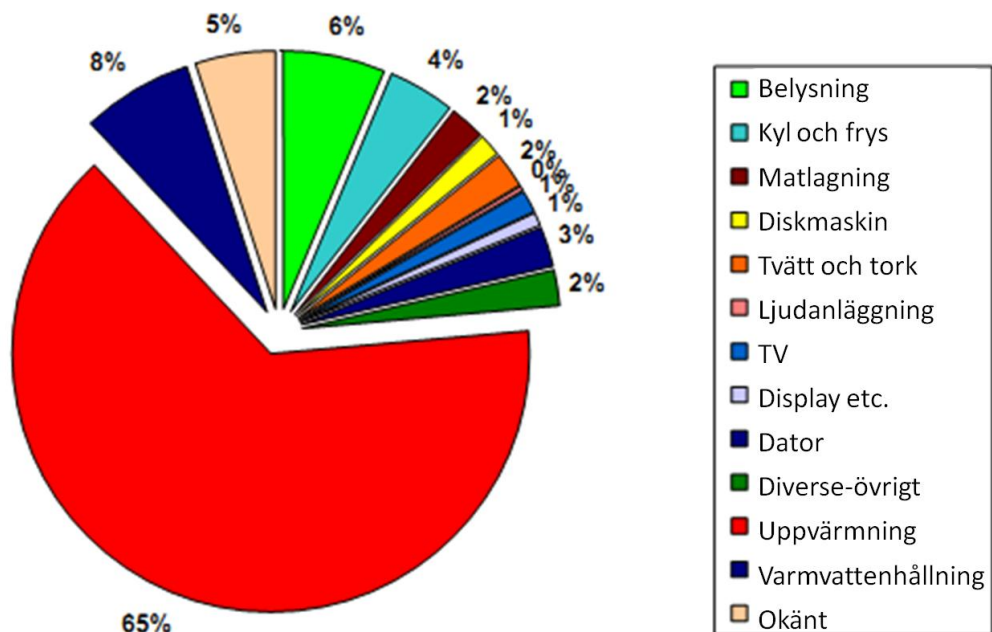


Figur 17. Programvara för att logga produktion och konsumtion [66].

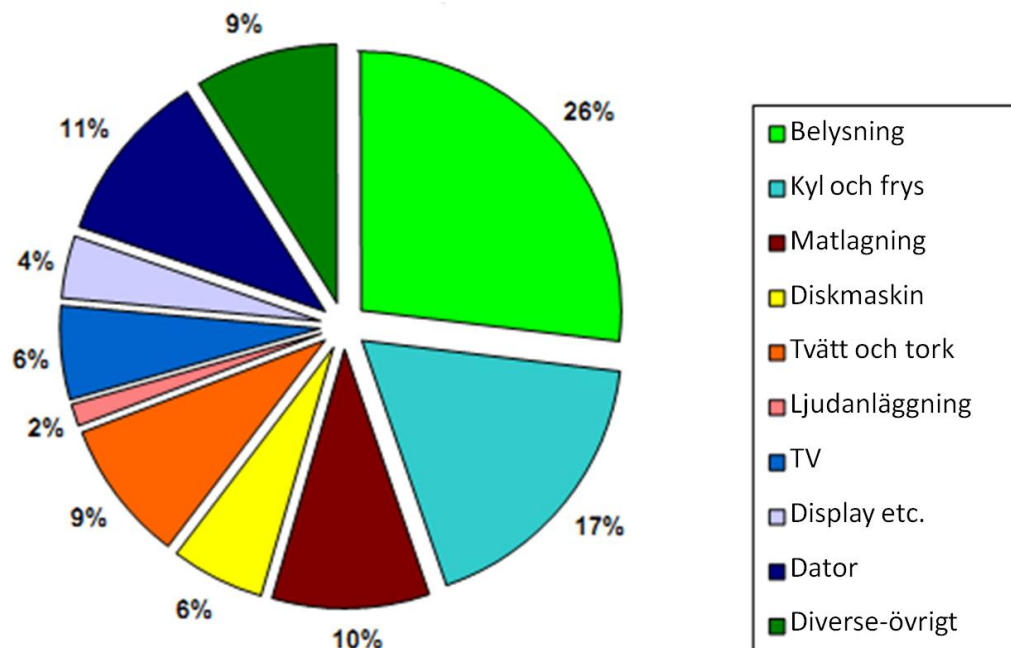
I framtiden är det sannolikt att det är möjligt att styra individuell apparatur med avseende på kostnad eller balansbehov för nätägare. Det har genomförts fältförsök, och störst påverkan verkar fås då styrning är indirekt, det vill säga då konsumenter agerar själva på prisbild [68]. Figur 18 redovisar vad som är möjligt att styra inom en fastighet. Denna uppdelning är för kontor, vård, skola och idrottsanläggning. Genomgående används en stor del av elanvändningen av belysning och fläktar, varför möjlighet att reglera dessa utifrån Demand-Response bör finnas. Motsvarande värden för bostadshus presenteras i Figur 19 och Figur 20.



Figur 18. Specifik energianvändning av el fördelat på kWh/m² och år för utvalda anläggningstyper i Sverige [69]

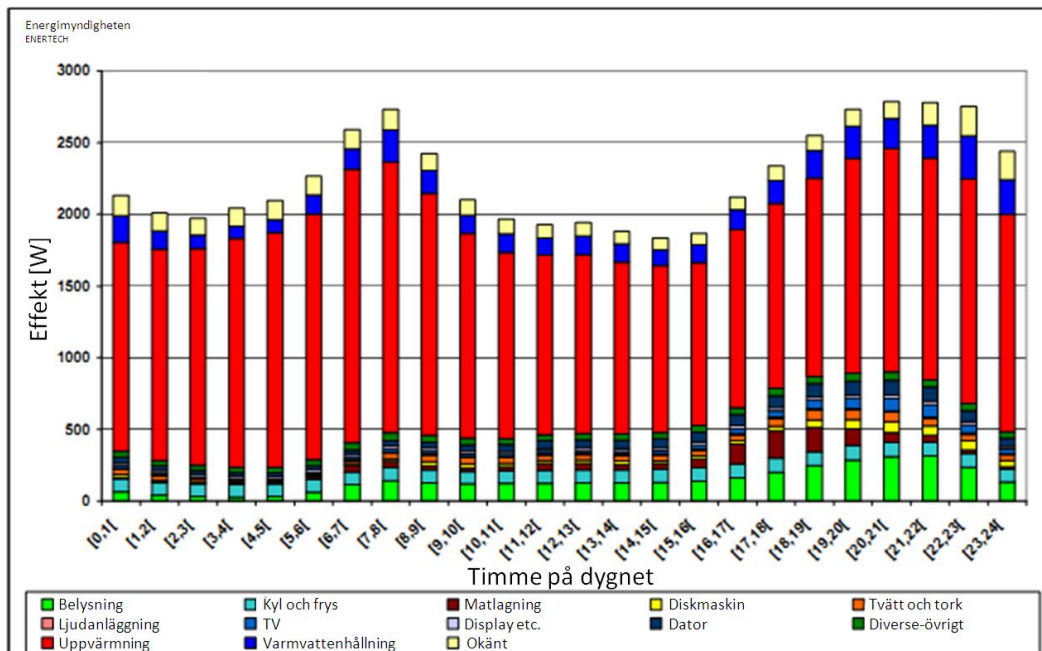


Figur 19. Relativ fördelning av konsumtion i villa med eluppvärmning, baserad på urval om 400 hushåll [53].

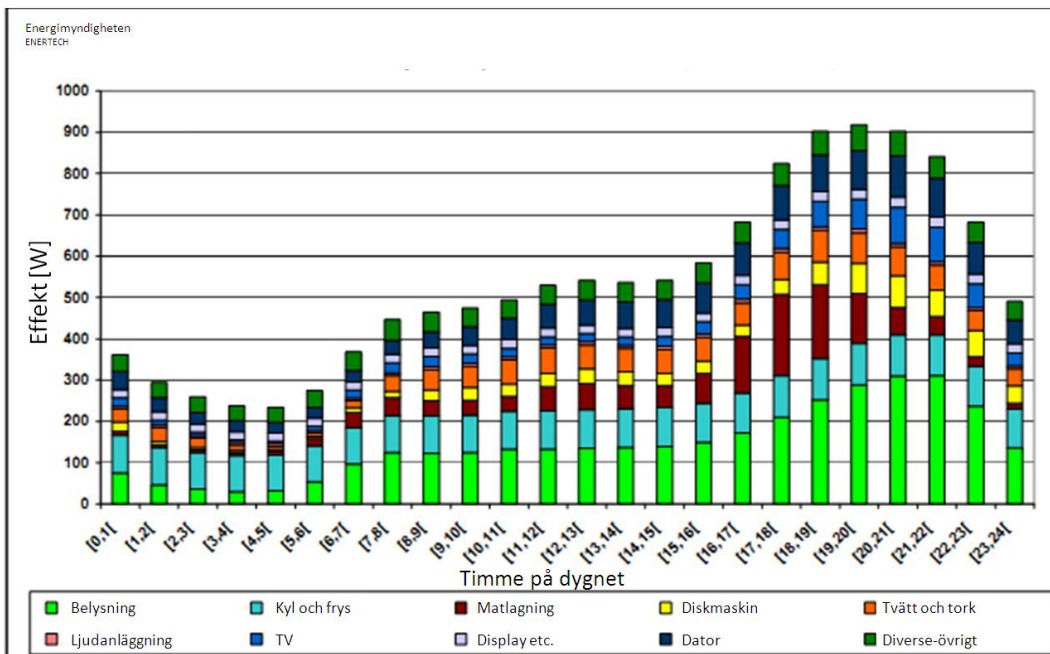


Figur 20. Relativ fördelning av hushållskonsumtion för el, baserat på urval om 400 hushåll [53].

Konsumtionstoppen för hus infaller på morgon och kväll. Då lokal produktion och konsumtion skall matchas är det viktigt att undersöka vid vilken tid hushåll kan förväntas ha behov av el och om det går att matcha detta behov till produktionskällor.



Figur 21. Konsumtionsmönster för villa, utspritt på timbasis, eluppvärmda hus. Baseras på urval av 400 hushåll [53].



Figur 22. Konsumtionsmönster för villa, utspritt på timbasis där endast hushållskonsumtion av el redovisas. Baseras på urval av 400 hushåll [53].

För Demand-Response är det möjligt för individuella hushåll att maximalt tjäna enligt Tabell 12 om kostanden för konsumtion kan minskas helt till noll. På basis av detta verkar förtjänsten vara låg. Det bör bli lönsamt att använda sig av Demand-Response på sikt, och det kan vara det redan idag beroende på valt fall och vald avbetalningstid.

Tabell 12. Procentuell fördelning av hushållsel i småhus och flerfamiljshus (lägenheter) [70] utan elvärme; uppskattning om möjlig förtjänst utifrån 5 000 kWh hushållsel/år och med pris 1 kr per kW.

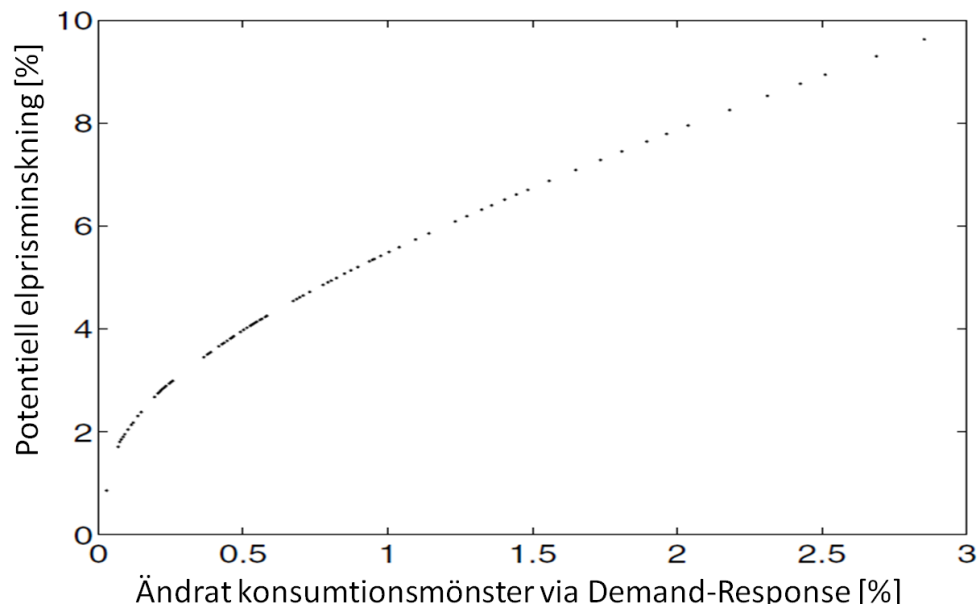
Apparatområden	Småhus		Flerfamiljshus/ lägenheter	
	[%]	Möjlig förtjänst [kr/år]	[%]	Möjlig förtjänst [kr/år]
Matlagning	36	1800	41	2050
Musik, dator och TV	19	950	18	900
Tvätt	6	300	7	350
Belysning	25	1250	21	1050
Övrigt	7	350	2	100
Ej uppmätt	7	350	11	550

Den enda typ av förbrukning som enkelt går att flytta i tid är tvätt, men här är potentialen begränsad till 300 kr/år. Vid belysningen är energibesparingspotentialen större och då är det byte till lågenergibelysning som ger största minskning av energi. Det finns även relativt stor potential vid matlagning, men här är det mindre enkelt att ändra förbrukning utan att ändra livsstil.

Det finns större möjligheter om huset har elvärme. Utgående från Figur 21, blir det omkring 14 000 kWh/år. Den termiska tidskonstanten för ett välisolerat hus är 24 timmar eller mer. Det betyder att elvärmen kan vara avstängd under ett antal timmar utan att temperaturen kommer att bli obehaglig.

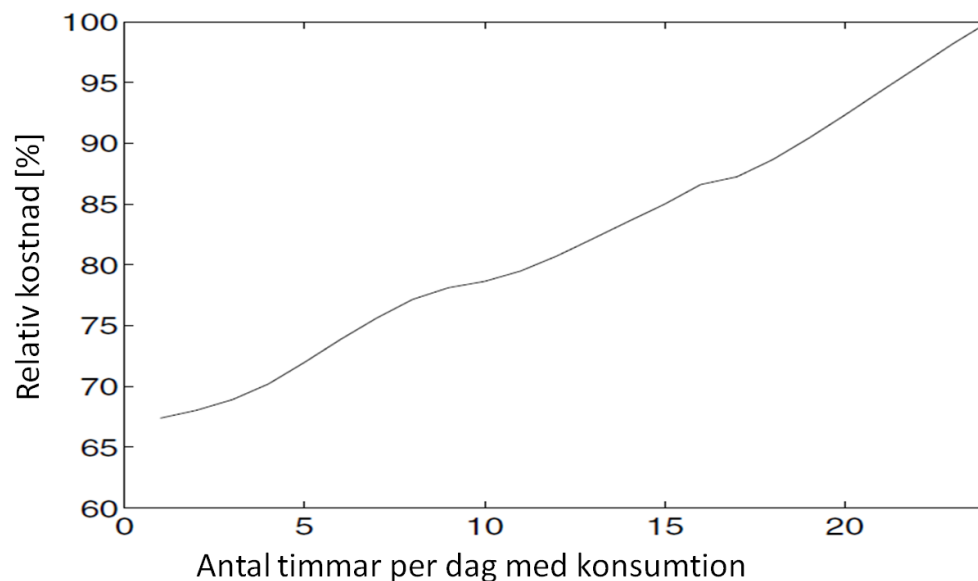
Om Demand-Response sker genom att manuellt anpassa elvärmen (eller termostatinställningen) till spotpriset då kommer investeringsbehovet att bli begränsat till elmätaren för timvärdesavläsning. Automatisk anpassning kommer att kräva investeringen i ett styrsystem i huset och deltagandet i spot och balansmarknader (där priset är högre) kommer att kräva investeringar i kommunikation med marknadsoperatören.

Det visas i Figur 23 att det går att minska energikostnaderna kring 10 % genom att stänga av elen under 3 % av tiden.



Figur 23. Minskning av elpris genom att stänga av förbrukning när priset överstiger ett visst värde. Baserad på spottprisen i Sverige över 2009 och 2010.

I Figur 24 antas det istället att kunden kan använda energin när som helst under dagen, men att den inte går att flytta till en annan dag. Samma timpriser för el (spottpriset för Sverige under 2009 och 2010) har används här som i förra figuren. Genom att begränsa sitt uttag till mindre än 12 timmar om dagen, går det att bespara 20 till 30 % på elen. Ett sådant system skulle troligen betyda lagring av energi i ett termiskt lager eller av elenergi i ett batterilager. Vid nuvarande priser kommer det inte att vara lönsamt. Med mer vind- och solkraft i nätet kommer elpriserna att variera mer över tid och möjlighet till ökad lönsamhet erhållas.



Figur 24. Minskning i kostnader för el genom att köpa bara under de billigaste timmarna varje dygn; baserad på spottprisen i Sverige över 2009 och 2010.

3.2 Meteorologi

Nedan följer en genomgång av meteorologi som kan påverka produktion och/eller konsumtion för Prosumers.

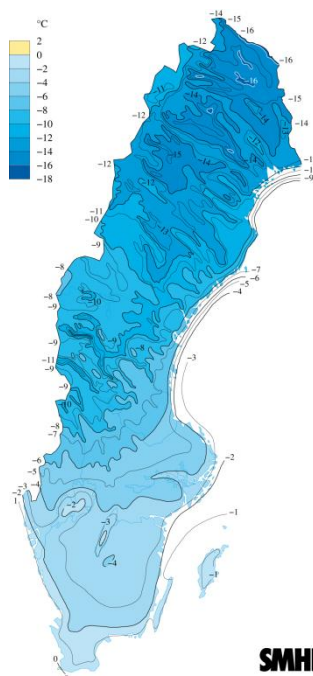
3.2.1 Temperatur

Sverige har stor temperaturvariation mellan norra och södra Sverige.

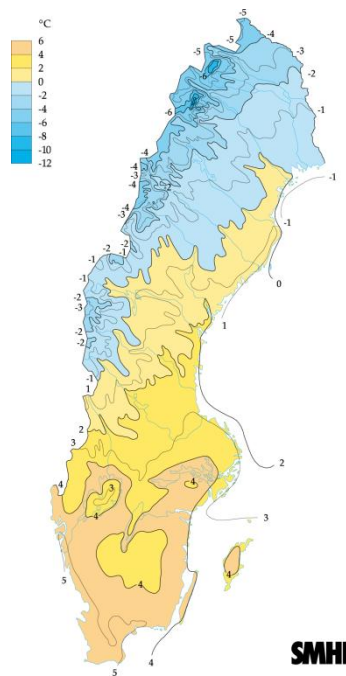
Figur 25 och Figur 26 ger temperatur under januari och april fördelat över Sverige.

Figur 27 och Figur 28 ger temperatur under juli och augusti fördelat över Sverige.

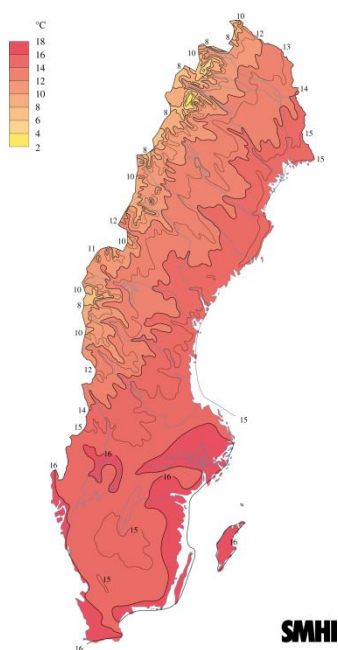
Det som är relevant för värmebehovet (dvs. förbrukning från elvärme, produktion från kraftvärme för uppvärmning av lokaler) är skillnaden mellan utetemperatur och innetemperatur. Om vi antar en innetemperatur av 20 grader, då är den genomsnittliga skillnaden under januari 20 grader i Malmö och 35 graden i Kiruna. Värmebehovet är därmed, under januarimånaden, 75 % högre i Kiruna än i Malmö.



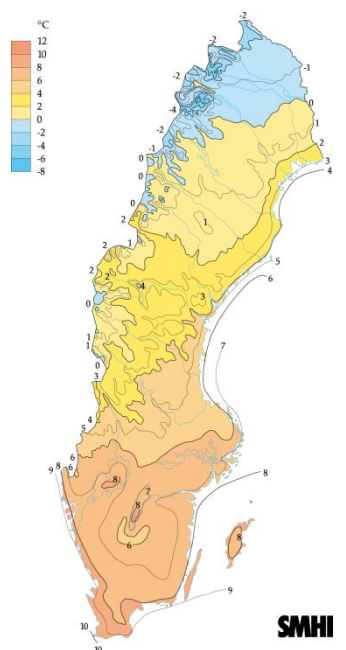
Figur 25 Medeltemperatur för januari, normalperioden 1961-1991.



Figur 26 Medeltemperatur för april, normalperioden 1961-1991.



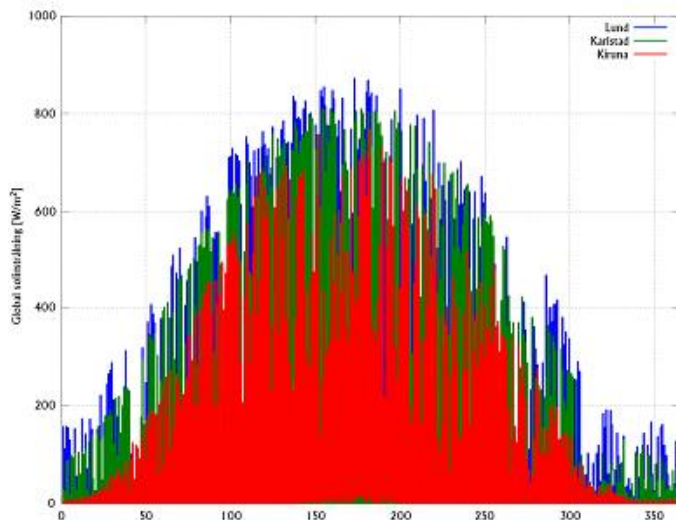
Figur 27 Medeltemperatur för juli, normalperioden 1961-1991.



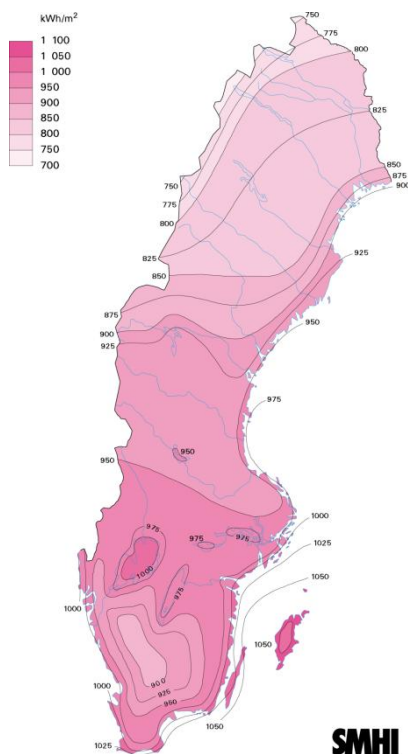
Figur 28 Medeltemperatur för oktober, normalperioden 1961-1991.

3.2.2 Soltimmar

Antalet soltimmar påverkar direkt möjligheten att producera el från solceller. Potential för solkraft i norra Sverige bör inte vara lägre, men solenergin är koncentrerad till sommarmånaderna, vilket måste hanteras. Oftast mäts solenergi per m^2 instrålad mängd och ytan som undersöks är då oftast plan, Figur 29. Det är viktigt att uppskatta hur mycket solinstrålning som kommer an på en yta och vid vilken vinkel. En viss skillnad finns på det totala antalet soltimmar i Sverige, Figur 30.



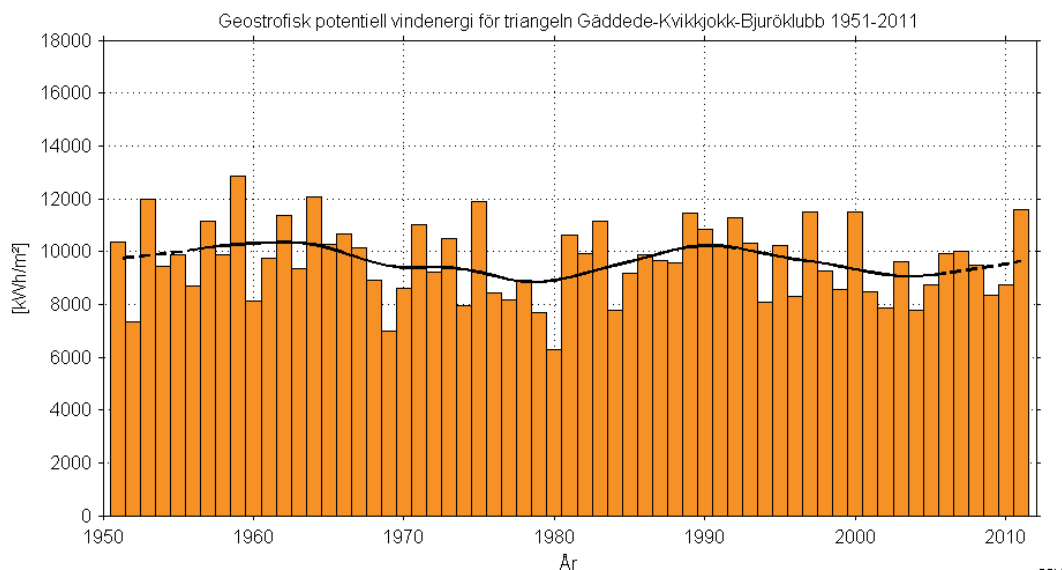
Figur 29. Global solinstrålning i Sverige under 1993 [52]



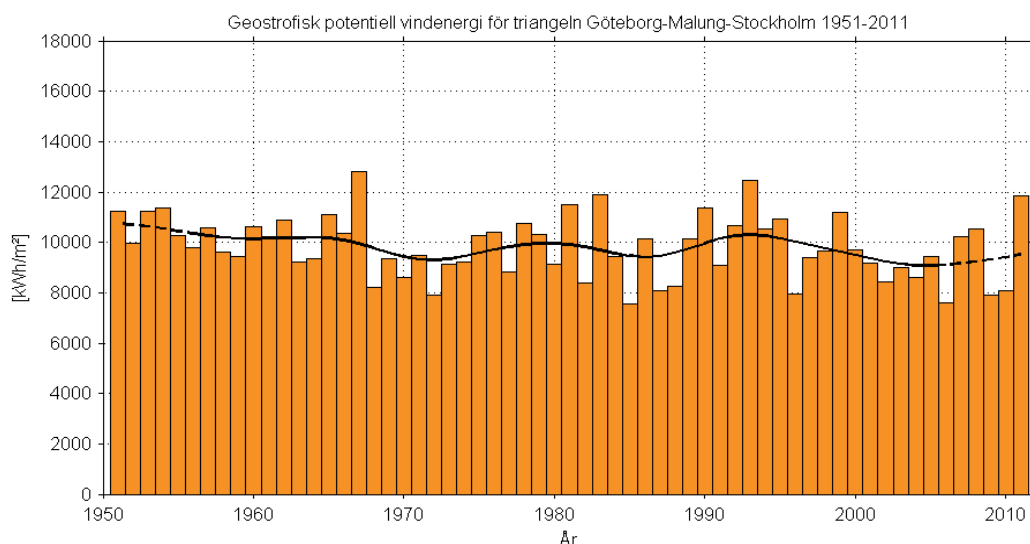
Figur 30 Global solinstrålning i Sverige under perioden 1961-1990 [71].

3.2.3 Vind

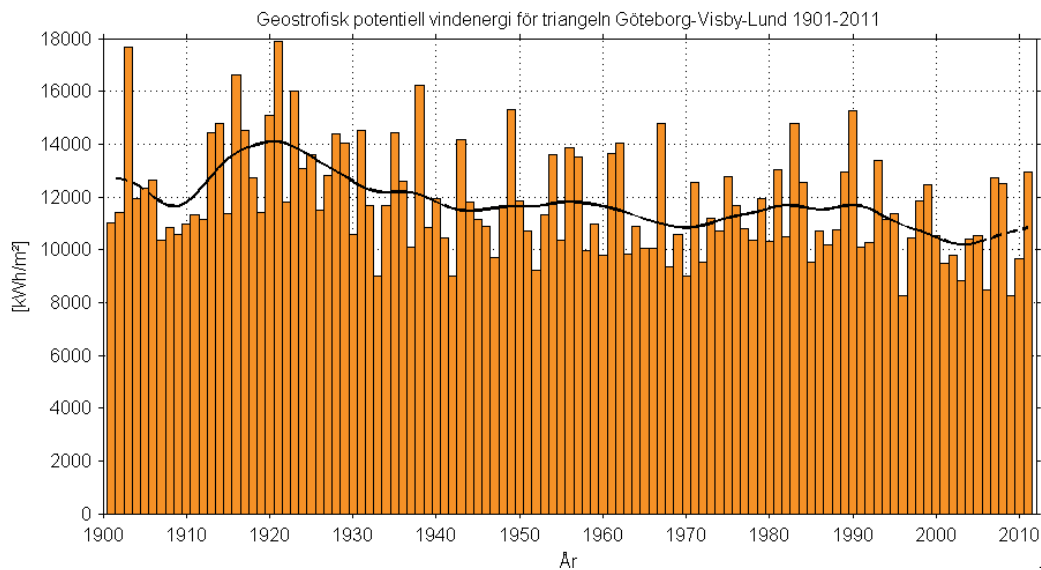
Den geostrofiska vinden utgår från förhållanden mellan isobarer och hänsyn tas inte till markfriktion. Dock kan den geostrofiska vinden ge god uppfattning om förekomsten av vind i olika områden i Sverige. Den geostrofiska vinden fördelad över Sverige redovisas nedan, Figur 31 - Figur 33. Stora lokala variationer förekommer dock och det behöver detaljutredas för varje område för att se hur potentialen för vindkraft varierar. Formationer som huskroppar och dalsänkor kan ge turbulens, eller lokalt ökad eller minskad vindintensitet. Högden påverkar också vindhastigheten stort.



Figur 31. Geostrofisk vind i nordligaste Sverige [71].



Figur 32. Geostrofisk vind i mellersta Sverige [71].



Figur 33. Geostrofisk vind i södra Sverige [71].

Genomsnittligt över flera år är den geostrofiska vinden omkring:

- ✓ 10 000 kWh/m²/år i norra Sverige
- ✓ 10 000 kWh/m²/år i mellersta Sverige
- ✓ 12 000 kWh/m²/år i södra Sverige

Variationer mellan åren är kring 30 % av detta medelvärde. Kustområden tenderar att ha mer vind.

Om småskalig vindkraft kommer att vara en del av Prosumers (vilken antas ha liten sannolikheten i Sverige) då är det mer troligt att detta kommer förekomma i södra Sverige än i norra Sverige på grund av skillnader i lönsamheten. Denna är 75 % högre i södra Sverige än i norra Sverige.

4 Regelverk och möjlighet till avkastning

I detta kapitel följer regler som berör möjligheten till interaktion mellan Prosumer och övriga aktörer på kraftmarknaden. I Sverige är de kommunala aktörernas roll central. Kommuner har framträdande roll i tillståndsprocessen och enskilda kommuner har stor påverkansmöjlighet [72].

Om anslutning av Prosumer sker på kundsida av mätaren innebär detta att det i regel redan finns en säkring installerad. Dock kan det i de fall då kraft skall återföras elnätet behöva avtalsregleras med berörda aktörer vid installationen.

Ytterligare utreds i detta avsnitt nuvarande och kommande möjligheter till handel för Prosumers.

4.1 Regelverk

Då en anslutning skall göras till ett distributionsnät så är det i regel så att den som har nätkoncession är skyldig att ansluta en anläggning till elnätet på skäliga villkor (ellag 3 kap. 7 §, första stycket). För producenter som även ansluts som konsumenter så innebär detta oftast inte ett problem, eftersom anslutning och säkring behövs för befintlig konsumtion.

Vidare fastslår nuvarande regelverk att:

- För produktionsanläggningar upp till 1500 kW gäller att innehavaren av en anläggning endast skall betala för den del av nättariffen som motsvarar den årliga kostnaden för mätning, beräkning och rapportering på nätkoncessionshavarens nät (ellag 1997:857, 10§ 1 st.). Om anläggningen understiger 43,5 kW skall inga avgifter betalas för inmatning av el.
- Koncessionsplikt gäller. Om en Prosumer vill bygga sitt eget nät innebär detta att det krävs en registrering av ett elnätsbolag och ansökan om nätkoncession för de tänkta ledningarna. Om en anslutning av förnyelsebara källor skall göras kan detta innebära avsteg från koncession (ellag 3 kap 18-19§). Om Prosumer ansluts på kundsidan av mätaren är detta nät icke-koncessionspliktigt. Storleken på Prosumers ger att nätet i regel blir icke-koncessionspliktiga.
- För nätkoncessionsägaren skall anslutningstariff offentliggöras efter behov (ellag 1997:857 11§, 2 stycket).

Flertalet lagar och styrmedel förväntas påverka inom en kommande framtid:

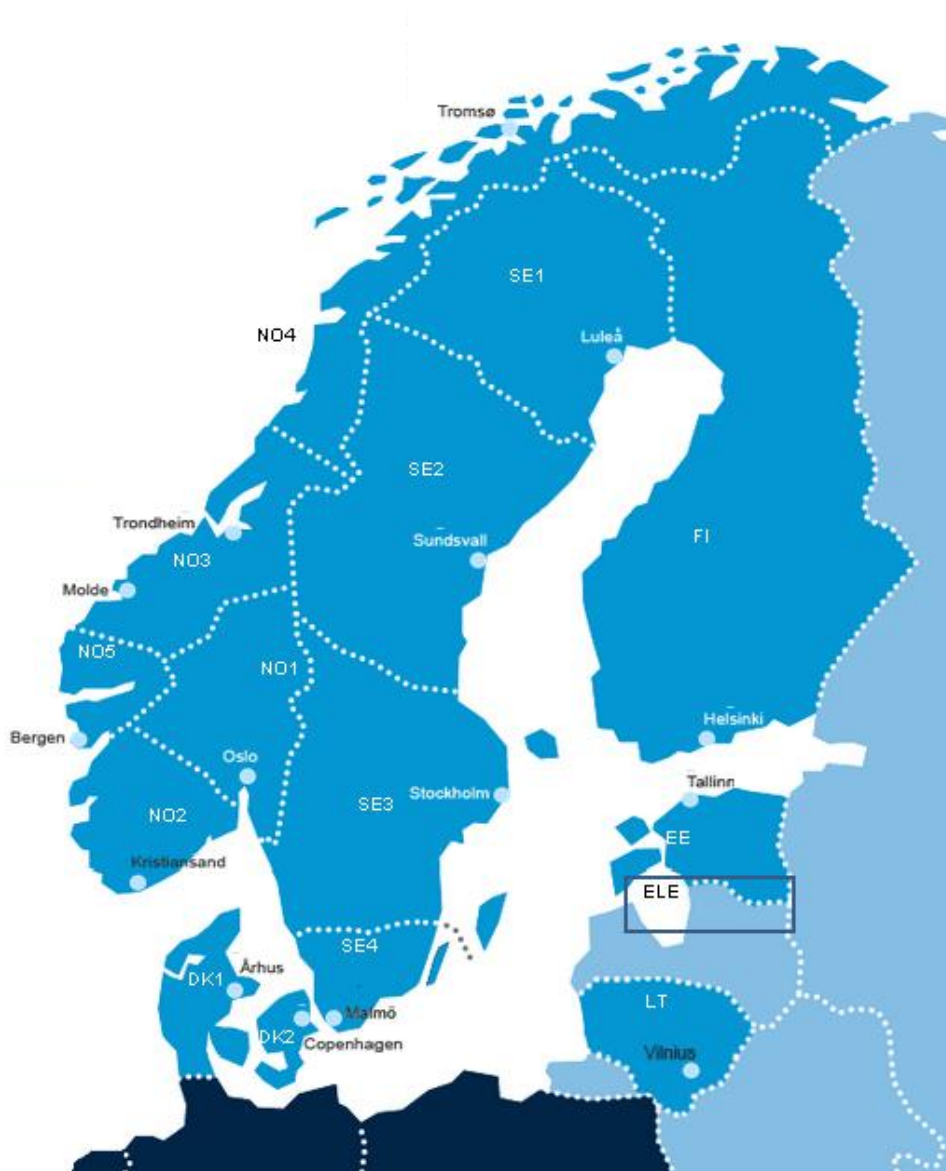
- Små kraftverk (under 63 Ampere) kan anslutas utan krav på timmätning [73].
- Möjlighet till lättnad vad gäller koncessionsplikten [73].
- Gräns för nedsatt överföringstariff vid 1 500 kW ersätts med en begränsning av nätavgiften till 3 öre per kWh [73].
- Inrättande av investeringsfond för förnybar el. El producerad av förnybara källor kan få ekonomiskt stöd om de är samhällsekonomiskt viktiga [73].
- Ett samordningsråd har nyligen upprättats som skall genomföra en handlingsplan för smarta elnät. 30 miljoner kronor skall satsas för att ta fram en handlingsplan för smarta elnät innan 2014.
- En lag är under behandling där ellag (1997:857) kan komma att ändras så att timmätning skall erbjudas alla elkonsumenter utan att det blir fråga om merkostnad. Förhoppningen är att ett elpris som följer elbörsen skall ge incitament för minskad energiförbrukning [74]. Dock innebär den här lösningen att det kan vara svårare för elnätsbolagen att planera sitt arbete och vissa merkostnader kan uppstå. Kostanden per kund att byta elmätare uppskattas till 2 000 kr. Kostnader för databehandling kan även uppstå för elnätbolagen, ca 60 kr per kund [75].

Ytterligare arbetar regeringen med flera frågor som antagligen kommer att komma till stånd:

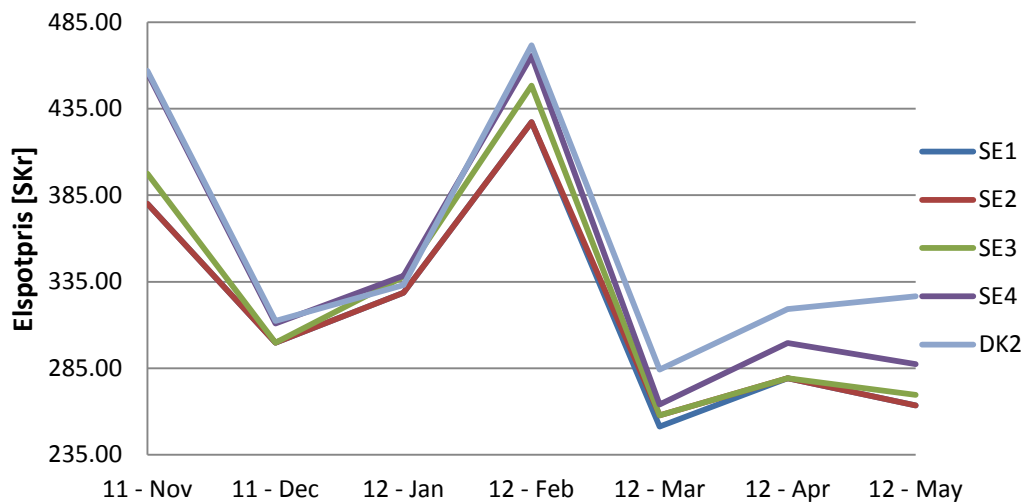
- Arbete med att ta fram lagförslag som reglerar nettodebitering av el, det vill säga möjlighet att tillgodogöra sig skillnaden mellan producerad el och konsumerad el under en avtalsperiod. Tanken är att ett lagförslag skall finnas förberett under 2013 [76]. En utredning startades nyligen av finansdepartementen.

4.2 Elprisutveckling i Sverige och Europa

För handel med el är Sverige uppdelat i 4 priszoner, från norra till södra Sverige (Figur 34). Detta innebär att olika priser betalas ut för dessa zoner och handel sker på timbasis, på spotmarknaden. Efter indelning i priszoner har priset i de två nordligaste regionerna varit relativt konstant, medan priset i de två södra prisområdena ökat. För södra Sverige har priset närmats sig Danmarks prispbild (Figur 35).

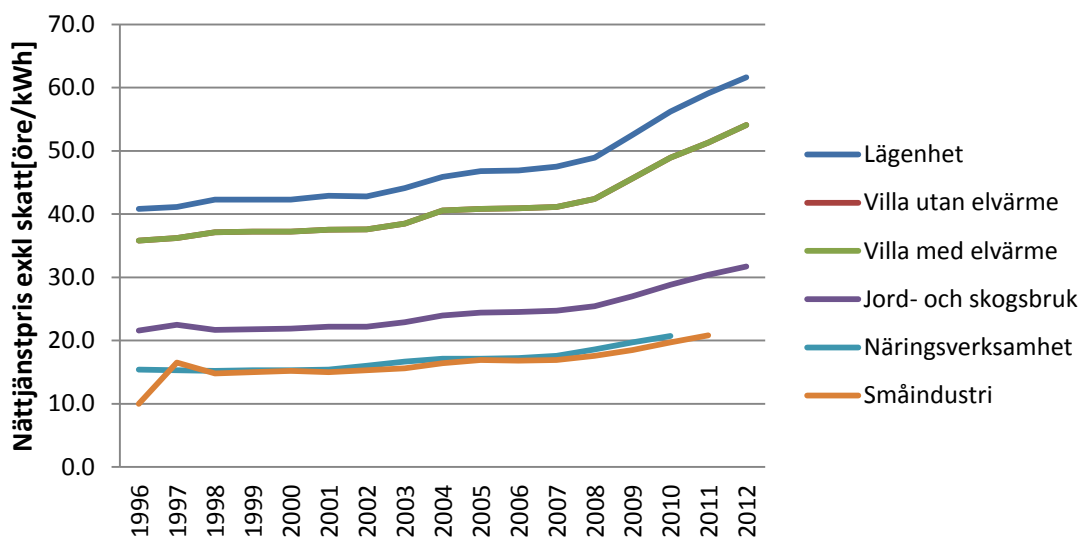


Figur 34. Elprisområden i Sverige [77].

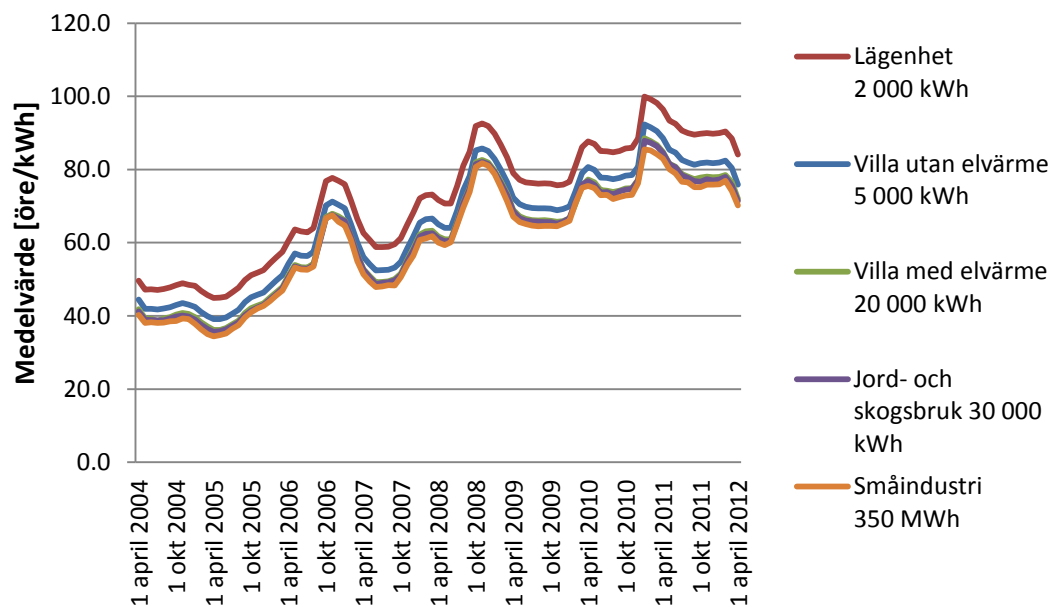


Figur 35. Prisutveckling inom Sverige samt danskt område för Nord pool. Spothandel på timbasis år 2011-2012 där SE motsvarar Svenska prisområden och DK danskt [77].

Direkthandel på spotmarknaden är idag begränsad till minsta poster om 1 MWh. Denna begränsning gör att i princip alla Prosumers kommer att vara tvungna att gå via en mellanhand eller sluta avtal med ett elnätsföretag eller elhandelsföretag. Figur 36 och Figur 37 vilka ger prisutvecklingen i Sverige och där går det att se att priset ökat och att elpriser för lägenheter och villor med elvärme är högst.



Figur 36. Pris för nättjänster, utveckling i Sverige [78].



Figur 37. Elprisets utveckling i Sverige. Efter 2011 har indelning skett i prisområden. Pris baserat på tillsvidarepris [78].

För att öka intäkten för en Prosumer är det möjligt att allokera kostnader eller att öka den rena intäkten. Kostnadsallokering kan ske genom elcertifikat eller nettoavräkning och ren intäktsökning genom effekttaxor, balans och anslutningsavgifter.

Handel med koldioxid kommer troligtvis inte göras i Sverige på timbasis med nuvarande system. Denna utveckling är inte trolig med avseende på fördelning av CO₂ och effekt i Skandinavien per timme över tid [79].

Elcertifikatsersättning är 0,2 till 0,6 kr/kWh för förnybar el och energiskatt 2012 är 0,29 kr/kWh.

Tabell 13. Exempel på marknadsincitament

Typ av pris	Beskrivning	Mot Prosumer
Elpris - spot	Pris per timme. Sätts ett dygn i förväg. 4 prisområden i Sverige	Svårt att sälja direkt, pga. av minsta poststorlek om 1 MWh. Alla har möjlighet att köpa.
Elpris – balans	Sätts för nästkommande timme.	Begränsad möjlighet att handla på balans. Troligtvis ej tillgänglig för Prosumer.
Elcertifikat	kW ersättning för miljövänliga alternativ	Endast miljövänliga.
Ursprungsmärkning	Låg kostnad	Kan potentiellt öka påverkan i framtiden.
Nettoavräkning	El som produceras återförs vid senare tillfälle.	Möjligheten utreds. Vissa bolag använder sig av denna modell.
Effekttariff	Begränsad anslutningseffekt efter avtal.	Tillgängligt vid specialavtal.
Anslutningsavgift	Lägre anslutning för lägre säkring.	Minskning av säkring kan påverkas.
Kombinationsmodell	Exempelvis kan spot kombineras med ett fast pris, där priset varierar över en viss effekt.	

4.2.1 Kostnadsallokering

Det är möjligt att öka intäkterna genom kostnadsallokering mellan olika intressenter, exempelvis är elcertifikat ett försök att skifta kostnader efter politisk vilja. Elcertifikat är en möjlighet till kostnadsallokering, dock är möjligheten idag begränsad för ersättning från småskaliga kraftverk (och det är inte möjligt att räkna in batterilager).

I en utredning gjord av Svensk energi föreslås att kravet på timmätning för mindre anläggningar tas bort [80] och att avräkning istället genomförs månadsvis. Inmatad el kvitteras mot uttagen el ner till "noll" och eventuell överskottsel släpps ut på nätet om köpare saknas.

4.2.2 Ersättning från nätnytta och elproduktion

Effekttaxor kan regleras genom att pris utgår för olika tidpunkter, både vid försäljning och vid köp. Detta sker idag i liten skala och är då kopplat till en hög effekt i elnätet, vilket ger förluster för elbolag samt överföringsavgifter för el (Tabell 14). Ersättning fås både från nätnytta (t.ex. minskade nätförluster) och från försäljning av el (t.ex. elproduktion).

Anslutningsavgifter kan reduceras med hjälp av en lägre säkring. Detta kan vara möjligt då Prosumer ansluts på kundsiden och styrning av egen konsumtion är möjligt att göra genom exempelvis Demand-Response. Några exempel på ersättning som är möjlig idag ges i Tabell 14.

Ett rimligt antagande är att elpriset kommer att öka. Speciellt i prisområden nära Danmark och Tyskland.

Tabell 14. Exempel på några energibolag och hur de hanterar småskalig energiproduktion, priser är exklusive moms.

Bolag	Nätnytta per kWh	Elproduktion per kWh	Kostnad [kr/ mån]	Krav
Skånska Energi elnätsbolag/ elhandelbolag	5,90 öre	1 kr		Högst 63 A säkring Max 43,5 kW Konsumtion större än produktion.
Fortum	3,6 – 6,8 öre Beror på region	Spot minus hanterings- kostnad (idag ca 0,2 öre)	65 - 150	Max 63 Ampere Max 43,5 kW resp. max 1,5 MW.
Vattenfall	3,2 - 8,8 öre	Spot minus 4 öre	84 – 913	Max 63 Ampere Max 43,6 kW

5 Utveckling av Prosumers

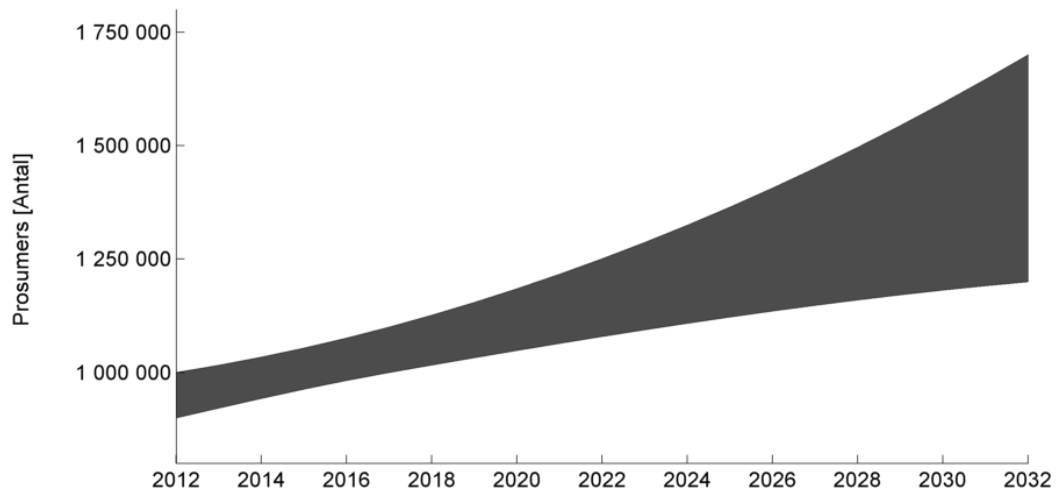
På basis av tidigare kapitel görs en översikt av utvecklingen av Prosumers i Sverige. Den förväntade utvecklingen är gjord med avseende på en period om 5 respektive 20 år framåt i tiden från år 2012.

Som regionindelning har prisområden från avsnitt 4.2 använts som bas. Prisområde SE1 och prisområde SE2 motsvaras av norr. Prisområde SE3 benämns som mellan och prisområde SE4 benämns som söder.

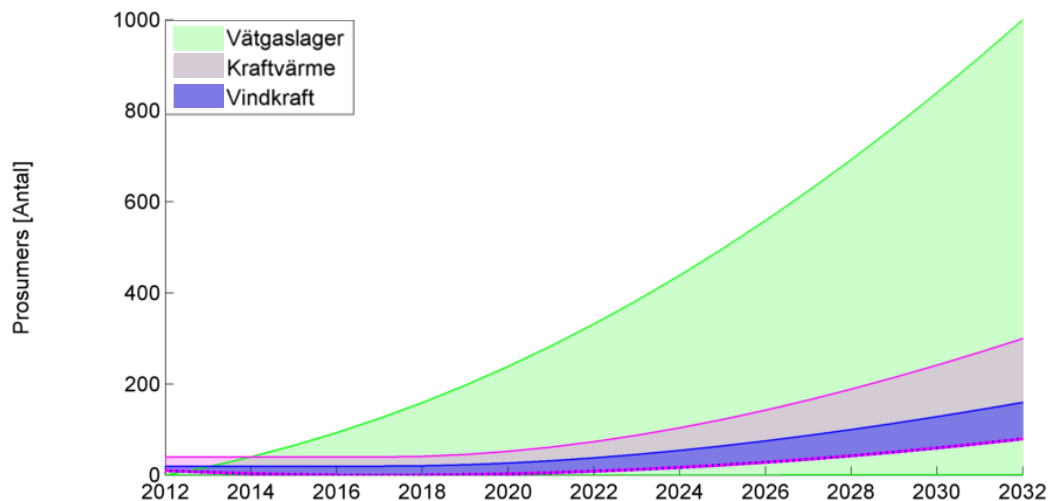
I Tabell 15 görs en översikt över utbredningen av Prosumers i Sverige. Två scenarier redovisas, utveckling av antalet Prosumers inom en 5 års period samt en 20 års period från 2012 (Tabell 16 och Tabell 17). I Figur 40 till Figur 38 återges ackumulerade värdena av Prosumers från 2012 till 2032.

Då underlag saknas för att uppskatta genomsnittlig storlek på dessa anläggningar om 20 år, eller nätets tillgänglighet för att motta producerad energi, har det valts att inte redovisa resultat i form av installerad effekt eller levererad energi till elnätet.

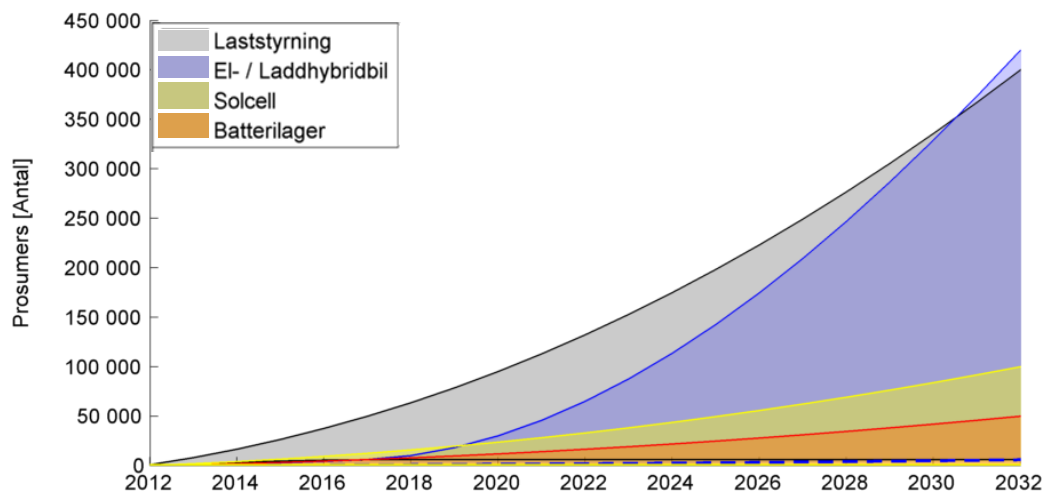
Resultatet baseras på nulägesinventering samt omvärldsanalys av länder som ligger långt fram i respektive teknikområde (t.ex. solceller, Tyskland, mikrokraftvärme i Danmark eller värmepumpar i Sverige). Extrapolering av nuvarande trender och försäljningsstatistik har i största möjliga mån undvikits. Däremot har vissa uppgifter om nybyggnation av fastigheter och nyregistrering av bilar använts utifrån dagens situation.



Figur 38. Ackumulerade värden av Prosumers inom Sverige map. på värmepumpar. Figuren är illustrerad som ett spann med antal per år.



Figur 39. Ackumulerade värden per typ av Prosumers inom Sverige map. vätgas, kraftvärme samt vindkraft. Figuren är illustrerad som ett spann med antal per år. Minsta värde representeras av streckad eller heldragen linje i samma färg som specifik Prosumer, i vissa fall är Prosumers överlagrade.



Figur 40. Ackumulerade värden per typ av Prosumers inom Sverige map. på laststyrning, el-/laddhybrider, solceller samt batterilager. Figuren är illustrerad som ett spann med antal per år. Minsta värde representeras av streckad eller heldragen linje i samma färg som specifik Prosumer, i vissa fall är Prosumers överlagrade.

Tabell 15. Utbredningen av Prosumers i Sverige inom 5 och 20 år period.

	Solcell	Vind-kraft	Kraft-värme	Värme-pump	El/ladd-hybridbil	Batterilager	Vätgas-lager	Last-styrning
Antal idag	200 (1)	< 100 (2)	Liten andel (3)	< 1 000 000 (4)	500 (5)	Litet antal (6)	- (7)	Liten andel
Hög tillväxt om 20 år	100 000 (8)	160 (9)	300 (10)	1 700 000 (11)	420 000 (12)	50 000 (13)	1 000 (14)	400 000 (15)
Låg tillväxt om 20 år	550 (16)	< 100 (17)	< 100 (18)	1 200 000 (19)	6 000 (20)	- (21)	0-1 (22)	6 000 (23)
Hög tillväxt om 5 år (24)	12 500	20	40	1 100 000	6 250 (25)	6 250	125	50 000
Låg tillväxt om 5 år (24)	200 (26)	0 (27)	10	1 000 000	750	0	0	750

- (1) Baserat på antalet nätanslutna solceller [26].
- (2) Ingen statistik på vindkraftverk under 100 kW i Sverige. Totalt antal vindkraftverk under 250 kW i Sverige är 91 stycken [81].
- (3) Ingen enhetlig statistik på antalet mindre kraftvärmeanläggningar, inte vanligt förekommande i Sverige. Även flertalet s.k. μ CHP (combined heat and power) är för stora för enskilda hushåll och kräver anslutning till gasnät, som inte förväntas ske för hushåll i Sverige.
- (4) Baseras på uppgifter från SVEP (1 miljon) [82] som delvis verifieras av antalet värmepumpar 2008 (ca 700 000) [83].
- (5) Baseras på 247 registrerade elbilar [84] samt uppskattning av laddhybrider (ej särredovisade från icke nätanslutna elhybrider).
- (6) Vissa pilotanläggningar. Resservkraftsanläggningar som inte används för Demand-Response exkluderas.
- (7) Ingen kommersiell anläggning i Sverige idag. Enstaka testanläggningar, t.ex. hos STRI, Ludvika.
- (8) Basera på att Sverige om 20 år har samma antal solcellsanläggningar per invånare som Tyskland har idag [85]. exklusive anläggningar över 200 kW [86].

- (9) Baserat på vindkraftsverk i Danmark under 20 kW [87] samt befolkningsfördelning. För 55 kW ökas prognosen till 270 anläggningar.
- (10) 2010 kom 14 % av Danmarks elproduktion från decentraliserade kraftvärmeanläggningar [87]. Även de s.k. mikro CHP (i Danmark) är för stora för flertalet Prosumers. Utan anslutning av Prosumer till gasnät tillkommer endast vissa installationer i lantbruk, flerfamiljshus och lokaler, med främst biomassa som energikälla.
- (11) Antar att dagens 10 % av småhus med direktverkande el övergår till uppvärmning med hjälp av värmepump, samt motsvarande ökning av antal som har komplementvärme, i flerbostadshus och lokaler. Vidare tillkommer 30 000 nybyggda småhus och flerfamiljshus per år [84], varav andelen med berg-, jord- eller markvärme ökar från 18 % [88] till 30 % samt motsvarande mängd luftvärmepumpar.
- (12) Antar att andelen nyregistrerade fordon från näringsliv och offentlig förvaltning som upphandlas är elbilar eller laddhybrid vilka gradvis ökar till 25 % om 20 år. 150 000 bilar upphandlas idag av näringsliv och förvaltning per år [84]. Medelålder på elbilar antas bli 10 år. Antalet elbilar hos privatpersoner antas bli hälften av de i näringsliv och offentlig sektor.
- (13) Antas att 10 % av solcellsanläggningarna kompletteras med lager samt 10 % av elbilar används som batterilager för elnätet
- (14) Förutsatt att tekniken blir billigare och t.ex. fordon för vätgasdrift introduceras, antas att 1 % av solcellsanläggningar investerar i vätgaslager.
- (15) Samtliga kyl och värme anläggningar (inkl. kyl och frysar) har bytts ut mot sådana med kommunikationsinterface för laststyrning enligt föreslaget direktiv från ENTSO-E. Av dessa har 20 % år 2032 avtal med elhandlare som möjliggör styrning.
- (16) 2008-2011 ökade solcellerna med i snitt 28 stycken per år i Sverige [26]. Även utan subventioner förväntas prissänkningar leda till fortsatta installationer med hälften av detta antal.
- (17) Antalet verk med denna anläggningsstorlek minskade i Danmark med 40 % från 2002 till 2012. Det är troligt att antalet sådana anläggningar förblir på samma nivåer i Sverige som idag utan större subventioner. Även utan ekonomiska subventioner byggs dock ett mindre antal anläggningar av entusiaster och för publika platser.
- (18) Lönsamhet uppnås inte, förblir lönsammare att sälja energibäraren än omvandla denna till el [42].
- (19) Befintliga värmepumpar byts ut. Dessutom tillkommer 30 000 nybyggda småhus och flerfamiljshus per år [84] varav 18 % har berg-, jord- eller markvärme [88] samt lika många luftvärmepumpar.

- (20) Ingen ytterligare tillväxt, tekniken mognar inte. Offentlig förvaltning och näringsliv handlar inte upp el- och laddhybridbilar. Däremot fördubblas antalet hybrider år 2032 varav 10 % är laddhybrid med nätanslutning.
- (21) Inga ekonomiska incitament för dessa anläggningar. Ingen eller sparsam användning av elbilar etc. som reservkraft för elnätet.
- (22) Endast en kommersiell anläggning i drift idag i världen [58] och ingen introduktion sker i Sverige.
- (23) 10 % av antalet nybyggda hus med elvärme får laststyrning.
- (24) Där inget annat anges baseras dessa värden på fördelning om 12,5 % från värden angivna för den kommande 20 års-perioden.
- (25) Baseras på max är antalet elbilar som organisationer visat intresse att upphandla inom de närmaste fyra åren[89].
- (26) Ingen utveckling av antalet solceller.
- (27) För beräkningar har 0 vindsnurror i Prosumerstorlek antagits.

5.1 Utveckling inom 5 år

Utveckling ges av Prosumers inom en 5-årsperiod, Tabell 16.

Endast de Prosumers för vilka förändring är att vänta redovisas.

Tabell 16. Ackumulerat antal anläggningar år 2017, där fördelning av Prosumers ges som maximal och minimal utveckling per region i Sverige.

	Solcell (27)	Vind- kraft (28)	Kraft- värme (29)	Värme- pump (30)	Elbil (31)	Batteri- lager (32)	Vätgas- lager (33)	Last- styrning (34)
Norr Fjäll	*	*	*	15 000 – 16 000	*	*	*	15 – 800
Norr Kust	*	0 – 5	0 – 6	75 000 – 80 000	*	*	*	25 – 1 500
Norr Stad	25 – 1 300	*	*	205 000 – 220 000	62 – 520	*	*	80 – 5 500
Mellan Land	40 – 2 400	0 – 15	10 – 25	115 000 – 120 000	*	*	*	140 – 9 000
Mellan Stad	90 – 5 600	*	*	285 000 – 260 000	500 – 4 500	*	*	320 – 22 000
Söder Land	13 – 800	0 – 5	5 – 10	90 000 – 108 000	*	*	*	50 – 3 000
Söder Stad	30 – 2 000	*	*	230 000 – 250 000	150 – 1 200	*	*	120 – 8 000

* För denna region och/eller Prosumer antas inte utvecklingen ha stor påverkan, den är inte relevant med given typ av Prosumer.

- (28) Bygger på befolkningskoncentration i Sverige [84]. Solceller i fjäll och kust bortses från.
- (29) En stor utbyggnad sker av större vindkraftverk, för vilka det finns stora skalfördelar. För ett mindre vindkraftverk som ansluts på den icke koncessionspliktiga delen av mätaren krävs avstånd samt viss storlek på säkring (land)
- (30) Befolkningsfördelning.
- (31) Baseras på antalet värmepumpar som uppvärmning för småhus i resp. region [83].
- (32) Baseras på fördelning av elbilar i Sverige [84] och max är antalet elbilar som organisationer visat intresse att upphandla inom de närmaste fyra åren [89].

- (33) Inom en tidsperiod om 5 år antas inte tekniken vara mogen för Demand-Response. Fåtal testanläggningar.
- (34) Baseras på 12,5 % av antalet nybyggda hus respektive omstrukturering av 12,5 % av befintligt byggnadsbestånd.

5.2 Utveckling inom 20 år

På längre antas att en rad förändringar sker inom Sverige som ökar möjligheten för interaktion via Demand-Response. Finansiell och lagmässig styrning påverkar Prosumers stort. Hur denna antas se ut ges av Tabell 17.

Tabell 17. Ackumulerat antal anläggningar år 2032, där fördelning av Prosumers ges som maximal och minimal utvecklingspotential per region i Sverige.

	Solcell (34)	Vind- kraft (35)	Kraft- värme (36)	Värme- pump (37)	Elbil (38)	Batteri- lager (39)	Vätgas- lager (40)	Last- styrning (41)
Norr Fjäll	10 – 1 500	*	*	18 000 – 25 000	*	0 – 100	0 – 15	90 – 6 200
Norr Kust	20 – 3 000	5 – 25	15 – 50	90 000 – 120 000	*	0 – 200	0 – 30	180 – 12 500
Norr Stad	60 – 10 000	*	*	250 000 – 350 000	500 – 350 000	0 – 700	0 – 100	650 – 4 500
Mellan Land	100 – 18 000	10 – 100	60 – 200	130 000 – 200 000	*	0 – 1 200	0 – 180	1 200 – 75 000
Mellan Stad	240 – 40 000	*	*	320 000 – 450 000	4 300 – 300 000	0 – 2 700	0 – 400	2 600 – 170 000
Söder Land	40 – 6 500	10 – 35	20 – 70	120 000 – 170 000	*	0 – 900	0 – 70	400 – 27 000
Söder Stad	90 – 15 000	*	*	270 000 – 400 000	1 200 – 90 000	0 – 8 000	0 – 150	900 – 62 000

* För denna region och/eller Prosumer antas inte utvecklingen ha stor påverkan, är det inte relevant med given typ av Prosumer.

- (35) Bygger på befolkningskoncentration i Sverige [84].
- (36) En stor utbyggnad sker av större vindkraftverk, för vilka det finns stora skalfördelar. För ett mindre vindkraftverk som ansluts på den icke koncessionspliktiga delen av mätaren krävs avstånd samt viss storlek på säkring (land)
- (37) Befolkningsfördelning.
- (38) Baseras på antalet värmepumpar som uppvärmning för småhus i resp. region [83].
- (39) Baseras på fördelning av elbilar i Sverige [84] och att antalet nyregistrerade bilar från offentlig förvaltning om 5 år ersätts med elbilar.

- (40) Baseras på 10 % av solcell respektive 10 % av elbil.
- (41) Det är inte troligt att tekniken kommer mogna. Troligtvis utvecklas vätgas svagt.
- (42) Baseras på 12,5 % av antalet nybyggda hus respektive omstrukturering av 12,5 % av befintligt byggnadsbestånd.

5.3 Utveckling per geografiskt område

Flera aspekter kring utveckling av Prosumers som har lagts fram i tidigare kapitel i rapporten ger underlag för att undersöka vilka konsekvenser den geografiska utbredningen får för Sverige. Detta görs genom att *förhållande stad – land* och *geografiska regioner* diskuteras.

5.3.1 Förhållande stad – land

Skillnaden mellan stadsnät och lantbygdsnät, ger geografiska skillnader i Sverige och olika förutsättningar för Prosumers. En acceptabel leveranskvalitet måste upprätthållas.

Utbredning av solceller är, framförallt i början, kopplad till socio-ekonomi och förväntas vara koncentrerad till stadsområden. Solpaneler förväntas öka framförallt i städers villaområden (som finns framförallt i förorter) och i mindre utsträckning på landsbygden. I centrum av storstäder kommer mängden solkraft, i relation till den totala förbrukningen, att vara liten. Vindkraft lämpar sig inte som Prosumerapplikation, främst pga. skalfördelar vid stora verk över Prosumerstorlek. Det förväntas finnas en liten potential i landsbygdsnät. De flesta vindkraftverk ansluts på mellanspänningsnivå, det vill säga högre spänning än vad som motsvaras av 63 A.

Utvecklingen av kraftvärme som Prosumerapplikation begränsas av flera faktorer, som avsättning av bränsle och prisutveckling på bränsle. Under nuvarande och förväntade förhållande kommer kraftvärme utvecklas svagt; småskalig kraftvärme är dock ett värdefullt komplement på kontinenten i Europa. Det finns därför möjlighet att förändring även sker i Sverige om bidrag/prisbild förändras. För produktion av kraftvärme bör produktion ske nära substrat, det vill säga att förekomst främst förväntas i landsbygdsnät.

Sverige är ett av de länder i Europa där värmepumpar utvecklats starkast och installation kommer förmodligen att fortsätta att öka. Värmepumpar kommer att introduceras som ersättning för direktverkande el och komplement eller ersättning till fjärrvärme eller annan uppvärmning. I områden i Sverige där fjärrvärme är konkurrenskraftigt blir det mindre troligt med introduktion av värmepumpar.

På grund av begränsad räckvidd kommer elbilar antagligen koncentreras till stadsbygd. Inkomstnivån är högre i stadsområden än på landsbygd, vilket också ytterligare bidrar till en koncentration i stadsmiljön.

5.3.2 Geografisk fördelning

Norra Sverige särpräglas av ett kallare klimat än resten av Sverige, vilket betyder en högre förbrukning av elvärme vilket ökar möjligheterna för avkastning genom laststyrning. Dock har norra Sverige ett lägre pris på el på grund av vattenkraften (även om det inte finns tillräcklig erfarenhet med prisområden för att kunna kvantifiera hur stor prisskillnaderna kommer att vara) vilket i sin tur minskar möjligheterna för avkastning från laststyrning

Mellansverige har ett varmare klimat än norra Sverige och även flest antal soltimmar i Sverige. Det finns också flera stora städer i detta område och en

relativt stor andel produktion i form av kärnkraft, vilket bör hålla nere prisbilden något. Prisbilden är högre än för norra Sverige, men lägre än i södra Sverige.

Södra Sverige har det varmaste klimatet inom landet. Det finns större städer i detta område och prisbilden närmar sig den på den Europeiska kontinenten.

5.3.3 Norr

Vindkraft som Prosumers kan inom isolerade områden öka som komplement till solceller om behovet är stort och kostnad för elektrifiering är stor. Större vindkraft byggs ut kraftigt i Norra Sverige, men det ligger utanför denna studie. Då dessa i regel ansluts på högre spänningsnivå än vad som Prosumerkomponenter i denna rapport medger.

Batterilager kommer kunna anslutas till vindkraft och solkraft, vilka potentiellt kan användas för handel. En viss del elbilar kommer att finnas tillgängliga i stadsbilden, vilkas batterilager potentiellt också skulle kunna användas för handel. Avgörande blir Demand-Response incitament, som kan vara lägre i norra Sverige på grund av lägre elpris i regionen.

För kraftvärme som Prosumerkomponent finns det tillgång till billigare biobränsle än för resten av Sverige, vilket ger potential för kraftvärmeanläggningar. Dock är elprisets utveckling avgörande för potentialen.

Värmepumpar kan öka där det finns möjlighet att växla upp energi. Eftersom temperatur påverkar värmepumpen kan kall väderlek i norra Sverige ge problem. Om tillgång till billigare restvärme i norr kvarstår är det inte intressant med värmepump som ersättning för uppvärmning. Om handel görs tillgänglig för Prosumers på balansmarknaden kan Demand-Response incitament här bli kraftfulla, då priset bör kunna bli högt i extremfall.

5.3.4 Mellan

Anslutningen av solceller ökar antagligen i mellansverige, speciellt då andelen soltimmar är högst för några områden i denna region.

Vindkraft som Prosumerkomponent är mindre intressant för detta område på grund av skalfördelar för större vindkraftverk. Dock finns regioner i det södra området i denna region där vindförhållandena är goda. Speciellt i anslutning till kust.

Det finns potential för elbilar i mellansverige, speciellt i anslutning till stad. I detta område finns flera av Sveriges större städer, däribland Stockholm och Göteborg. Även batterilager kan växa något. Dessa lager kan användas för handel, speciellt för att hjälpa upp nätet vid effektbrist.

Värmepumpar förväntas öka i de områden där det är möjligt att växla upp energi. I extremfall kan värmepumpar orsaka problem för elnätet. Dessa är mindre förekommande i mellansverige än i norra Sverige.

Det är mindre troligt att kraftvärme som Prosumerkomponent byggs ut i någon större utsträckning på grund av skalfördelar, små anläggningar blir dyra. För biogas är även konkurrensen stor, då uppgraderad biogas kan

användas som fordonsbränsle. Priset i detta område kommer troligen att i större utsträckning följa priset i Europa, vilket kan ge skalfördelar och öka möjligheten att ansluta ytterligare kraftvärme. Det finns även områden där tillgång på naturresurser är god i denna region.

5.3.5 Söder

Anslutningen av solceller bör kunna öka även här, då tillgången på sol är god, ökningen främst väntas i stadsbygd.

Detta område har bäst förutsättning för vindkraft med flera kustområden som skulle kunna lämpa sig väl. Dock är ofta dessa områden också bebyggda, vilket försvårar utbyggnaden av vindkraft. Därför blir vindkraft som Prosumerkomponent inte trolig.

Det finns i södra Sverige viss potential för elbilar, speciellt i anslutning till städer. Även batterilager bör kunna växa något. Demand-Response incitament för användning av dessa lager bör vara störst här. Behovet är även störst i södra Sverige då konsumtionstoppar kan skapa hög prisbild inom detta område. Andelen snabb reglerkraft kan vara begränsad i detta område, då huvuddelen av reglerkraft via vattenkraft är förlagt till norra Sverige.

Antalet värmepumpar förväntas öka. Temperaturen bör i regel inte skapa problem för värmepumparna, då energi kan lagras i huskroppar och temperaturen i södra Sverige under vinterhalvåret i regel är mildare än för resten av Sverige.

Det finns viss potential för kraftvärme här som Prosumerkomponent eftersom priset är högst för denna region i Sverige. Dock är även priset på flis och pris på uppgraderad biogas högt vilket minskar möjligheten för utbyggnad av kraftvärme. Det finns ett väl utvecklat biogasnät i denna region, vilket gör att det kan vara lättare att avsätta biogas i nätet och förtjänsten kan då vara högre som fordonsbränsle.

6 Mikroperspektivet

Denna rapport har belyst utvecklingen av Prosumers, konsumenter som även kan producera el, där produktionen oftast är ansluten på kundsidan av mätaren med en säkring om högst 63 A. Potentialen för olika regioner i Sverige har belysts och möjlig utveckling av Prosumers ur ett Demand-Response perspektiv har diskuterats för en framtidshorisont om 5 till 20 år. Hur fördelningen av Prosumers kan komma att se ut för olika regioner i Sverige beskrivs i kapitel 5, *Utvecklingen av Prosumers*.

I detta kapitel kommer det att ges en kort beskrivning av förväntade konsekvenser för elnätet pga. den utveckling som beskrivs i kapitel 5. I slutet av det här kapitlet föreslås ett antal fall där konsekvenserna borde studeras i mer detalj och kvantifieras i projektet Mikroperspektivet.

6.1 Konsekvenser för elnätet

För en hög koncentration av solceller på liten yta (10 m), kan växlande molnighet ge upphov till spänningsvariation (upp till 20 procent, på minutbasis), men vid ökat antal solceller som ansluts till det elektriska nätet över ett större område kommer detta att vara ett mindre problem (avstånd över 100 m ger minskning på under 7 procent). Elkvalitetsmässigt kan kraftelektronik kopplad till solceller möjligtvis påverka med en viss ökning av emissioner. Denna påverkan är dock i merparten av fallen försumbart. För en likriktare över 100 W kan emission av övertoner förekomma (över 2,4 procent). Avbrottsfrekvensen är låg, men leveransen är stokastisk och beroende av tillgång på sol. Det är viktigt att undersöka lokala variationer från solceller för att undersöka hur dessa kan tänkas agglomereras i ett större nät.

För tidsperioder under 10-minuter är energivariationen mindre än 3 procent, vilket bör ge mindre utslag för spänningsvariationerna.

Elkvalitetsmässigt kan en likriktare ge upphov till distorsioner om 10 procent.

I samband med att värmepumpens energikälla (exempelvis mark) blir kallare blir verkningsgraden sämre. En värmepump har dessutom ett maximalt spann inom vilket temperaturen kan höjas (vilket minskar möjligheten till att värmeväxla då temperaturen i växlingsmediet blir för lågt). Detta kan ge problem vid kalla väderlekar, då belastningen starkt kan öka när temperaturen understiger ett visst värde. En fastighet med värmepump (eller eventuellt med laststyrning) kan dämpa denna variation, vilket borde vara möjligt eftersom energi oftast kan lagras i fastigheten. Installeras värmepump för annat medium än luft/luft måste det finnas förutsättning för att värmeväxla mot det den önskade källan. För exempelvis bergvärmepump måste det vara 20 meter mellan borrhålen och tillstånd kan krävas då sjövattnet skall användas som källa för värmeväxling. Detta kan försvåra tillväxt av värmepumpar i täta stadsområden.

Inom en period på 5 år kan solceller, värmepumpar, laststyrning och eventuellt kraftvärme komma att påverka lokalt på elnätet.

Inom 20 år är det troligt att solceller, värmepumpar, samt laststyrning ger effektpåverkan på elnätet. Det är även möjligt att kraftvärme och batterilagring påverkar något. Störst påverkan kommer värmepumpar och laststyrning att få.

6.2 Förslag på fallstudier

Det visas utifrån analysen att det finns ett flertal möjliga konfigurationer av Prosumers och att de kan komma att ha olika typer av förbrukning och styrbara laster i olika delar av landet, i stadsnät så väl som på landsbygd. Eftersom antalet fall som kan studeras i detalj är begränsade behövs det ett urval.

Rapportens förslag är att, inom projektet Mikroperspektiv, inrikta sig på fall i enlighet med Tabell 18.

Dessa fall kommer att definieras i mer detalj i projektet Mikroperspektiv.

Tabell 18. Fall att studera i detalj.

Fall	Prosumer	Region	Demand-Response
1	Villaområde i tätort 75 % solkraft 80 % fjärrvärme 30 % eluppv. + v.pump	Söder Stad	Indirekt/direkt prisincitament Nettoavräkning Effekttaxa
2	Villaområde i tätort 75 % solkraft 25 % elbil 100 % Fjärrvärme	Mellan Stad	Indirekt/direkt prisincitament Nettoavräkning Effekttaxa
3	Lantbruk 20 % kraftvärme 80 % elvärme Villor 20 % eluppvärmning 80 % värmepump	Mellan land Söder land	Spot Balans Effekttaxa
4	Villor 100 % el värmepump 10 % solceller	Norr Land	Spot Balans Effekttaxa

7 Litteraturförteckning

- [1] J. Lindahl, "Nationell översiktsrapport över solcellsverksamheter i Sverige under 2010," IEA PV Power Systems programme, Switzerland: IEA PVPS Programme Executive Secretary, 2011.
- [2] Svensk vindkraftförening, "Svensk vindkraftförening," [Online]. Available: <http://www.svensk-vindkraft.org>. [Använd 23 06 2012].
- [3] IEA, "World Energy Outlook," International Energy Agency, 2011.
- [4] Energimyndigheten, "Energiläget i siffror 2011," Energimyndigheten, Eskilstuna, 2012.
- [5] Energimyndigheten, "Energiläget 2010," Energimyndigheten, Eskilstuna, 2011.
- [6] Regeringen, *En sammanhållen klimat- och energipolitik, Prop. 2008/09:163*, Stockholm: Regeringen, 2009.
- [7] L. Söder och M. Amelin, *Effektiv drift och planering av kraftsystem*, Stockholm: Kungliga tekniska högskolan, 2007.
- [8] H. Gharavi och R. Ghafurian, "Smart Grid: The Electric Energy System of the Future," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, nr 6, pp. 917 - 921, 2011.
- [9] B. Ståhl och Ö. Larsson, "Smart ledning – drivkraft och förutsättningar för utvecklingen av avancerade elnät, Analys VA 2011:10," Vinnova, Stockholm, 2009.
- [10] M. H. J. Bollen, *The Smart Grid: Adapting the Power System to New Challenges*, USA: Morgan and Claypol, 2011.
- [11] M. Bollen, "Anpassning av elnäten till ett uthålligt energisystem - Smarta mätare och intelligenta nät, EI 2010:18," Energimarknadsinspektionen, Eskilstuna, 2010.
- [12] Regeringen, *Regeringens proposition 2010/11:153*.

- [13] G. Morén, *Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om risk- och sårbarhetsanalyser och åtgärdsplaner avseende leveranssäkerhet i elnäten*, EIFS 2010:3, Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen, 2010.
- [14] *Ellag. SFS (1997:857)*.
- [15] E. Blomqvist, *Uppladdning för framtidens fordon: Undantag från koncession för laddinfrastruktur*, EI R2010:20, Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen, 2010.
- [16] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans och W. D'haeseleer, "Distributed generation: definition, benefits and issues," *Energy Policy*, nr 33, pp. 787-798, 2003.
- [17] T. Razykov, C. Ferekides, D. Morel, E. Stefanakos, H. Ulla och H. Upadhyaya, "Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects," *Solar Energy*, vol. 85, nr 8, p. 1580–1608, 2011.
- [18] K. Solangi, M. Islam, R. Saidur, N. Rahim och H. Fayaz, "A review on global solar energy policy," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, nr 4, p. 2149–2163, 2011.
- [19] M. Oliver och T. Jackson, "The market for solar photovoltaics," *Energy Policy*, 1999.
- [20] G. R. Timilsina, L. Kurdgelashvili och P. A. Narbel, "Solar energy: Markets, economics and policies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, nr 1, pp. 449-465, 2012.
- [21] Ecokraft, "Ecokraft," Ecologisk Kraft Eskilstuna AB, [Online]. Available: <http://www.ecokraft.se>. [Använd 24 06 2012].
- [22] S. Taggart, "Parabolic troughs: CSP's quiet achiever," *Renewable Energy Focus*, vol. 9, nr 2, pp. 46-48, 2008.
- [23] Ångström Solar centre, "Ångström Solar Center," [Online]. Available: <http://www.asc.angstrom.uu.se/sv/index.html>. [Använd 24 05].
- [24] M. H. Bollen och F. Hassan, *Integration of Distributed Generation in the Power System*, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [25] M. Bollen och M. Häger, "Power Quality: Interactions Between Distributed Energy Resources, the Grid and Other Customers," *Electrical Power Quality*

- and Utilisation Magazine*, vol. I, nr 1, 2005.
- [26] SoEl programmat 2008-2010, "Driftuppföljning av svenska nätanslutna solcellsanläggningar," [Online]. Available: <http://www.solcell.nu/Default.aspx>. [Använd 21 06 2010].
- [27] I. Wind, "IEA Wind annual report 2010," IEA Wind, 2011.
- [28] *Miljöbalk (1998:808)*.
- [29] O2, "O2 - för markägare," O2, [Online]. Available: <http://www.o2.se/bli-andelsagare-i-ett-vindkraftverk/om-vindkraft/for-markagare/>. [Använd 23 06 2012].
- [30] M. Barry och R. Chapman, "Distributed small-scale wind in New Zealand: Advantages, barriers and policy support instruments," *Energy Policy*, vol. 37, nr 9, p. 3358–3369, 2009.
- [31] IEA Wind, *RECOMMENDED PRACTICES FOR WIND TURBINE TESTING AND EVALUATION*, IEA Wind, 2011.
- [32] Svensk Vindenergi, *Planerade vindkraftsprojekt större än 10 MW i Sverige, kartresurs*, Stockholm: Svensk Vindenergi, 2011.
- [33] K. Yang, "Turbine Harmonic Emissions and Propagation Through a Wind Farm," Luleå tekniska universitet, Luleå, 2012.
- [34] M. Bollen, "Mikrogenerering och Elnätet," Elforsk, Stockholm, 2009.
- [35] Perpetum Automobile, "Perpetum Automobile," PPAM.se Sweden AB, [Online]. Available: <http://webshop.ppam.se/vaxelriktare/sma-c-151-1.aspx>. [Använd 29 05 2012].
- [36] H. Olson, "Biogasproduktion i Nor," SLU, Uppsala, 2011.
- [37] M. Lantz och P. Börjesson, "Kostnader och potential för biogas i Sverige," Lunds tekniska högskola, Lund, 2010.
- [38] J. Benjaminsson och R. Nilsson, "Distributionsformer för biogas och naturgas i Sverige," Svenska gasföreningen, Stockholm, 2009.
- [39] Pelletspris, "<http://www.pelletspris.com>," [Online]. Available: <http://www.pelletspris.com>. [Använd 29 05 2012].

- [40] Energimyndigheten, *Tidsserier trädbränsle och torvpriser*, Energimyndigheten: Eskilstuna, 2012.
- [41] M. Lantz, "Gårdsbaserad och gårdsnära produktion av kraftvärme från biogas," Lunds tekniska universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Lund, 2010.
- [42] C. Sundberg, R. Svensson och M. Johansson, "Lönsamhet för småskalig biobränslebaserad kraftvärme – förutsättningar och framtidsutsikter," SLU, Uppsala, 2011.
- [43] S. V. -. SVEP, "Antalet sålda värmepumpar i Sverige, 1982 - 2011," [Online]. Available: <http://www.svep.se>. [Använd 05 06 2012].
- [44] Energimyndigheten, *Välj rätt värmepump*, Eskilstuna: Energimyndigheten, 2010.
- [45] S. Lindsoug, "Demonstrationsprojekt: Effektstyrning på användarsidan vid effektbristsituationer - fortsättningsprojekt, rapport 06:83," Elforsk, Stockholm, 2006.
- [46] Sveriges Trafikskolors Riksförbund, "Sveriges Trafikskolors Riksförbund," STR, 03 02 2012. [Online]. Available: <http://www.str.se>. [Använd 30 05 2012].
- [47] Naturskyddsföreningen, *Köpa elbil - här är alternativet*, Stockholm: Naturskyddsföreningen, 2011.
- [48] C. Quinn, D. Zimmerle och T. H. Bradley, "An Evaluation of State-of-Charge Limitations and Actuators Signal Energy Content on Plug-in Hybrid Electric Vehicle, Vehicle-to-Grid Reliability and Economics," *IEEE Transaction on Smart Grid*, vol. 3, nr 1, pp. 483-491.
- [49] H. Bandhold, J. C. Wallner, M. Lindgren och S. Bergman, *Plug in road 2020, 09:40*, Stockholm: Elforsk, 2009.
- [50] Svensk kraftnät, *Elmarknadsrådsmöte den 22 november 2011*, Stockholm: Svenska kraftnät, 2011.
- [51] Nye Thermodynamics Corporation, "Gas turbine prices per kW," [Online]. Available: <http://www.gas-turbines.com/trader/kwprice.htm>. [Använd 30 06 2012].

- [52] P. Brunnegård och L. Weingarten, "Aktiv hushållning av egenproducerad solel," Elforsk, Stockholm, 2012.
- [53] J. P. Zimmermann, "End-use metering campaign in 400 households in Sweden," Energimyndigheten, Eskilstuna, 2009.
- [54] N. Etherden, "Increasing the Hosting Capacity of Distributed Energi Resources Using Storage and Communication," Luleå Universitet, Luleå, 2012.
- [55] L. Weingarten, "Physical Hybrid Model," Uppsala universitet, Uppsala, 2012.
- [56] D. Linden och T. Reddy, "Handbook of Batteries (3rd Edition)," McGraw-Hill, USA, Columbus, 2003.
- [57] L. Staudt, "Electricity Storage Windfarm and Industrial Application," Centre for Renewable Energy, Dundalk Institute of Technology.
- [58] Praxair, *Increase Hydrogen Supply Availability with Cavern Storage*, USA, 2006.
- [59] Vätgas Sverige, "Vätgas Sverige," [Online]. Available: <http://www.vatgas.se>. [Använd 30 06 2012].
- [60] E. J. Coster, J. M. A. Myrzik, B. Kruimer och K. L. Wil, "Integration Issues of Distributed Generation in Distribution Grids," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, nr 1, pp. 28-39, 2011.
- [61] S. Svensson, "Hantering av elmätning vid småskalig produktion och andra udda belastningsfall, Elforsk rapport 09:107," Elforsk, Stockholm, 2009.
- [62] S. Persson och E. Veibäck, "Medvetenhet i energianvändning," Uppsala universitet, kulturgeografiska institutionen, Uppsala, 2007.
- [63] Nutek, "Hushållsel i småhus. Mätning av elanvändning i 66 småhus och konsekvenserna av att byta hushållsapparater," Stockholm, 1994.
- [64] M. Glaumann, "Låg elanvändning i bostadshus. Del 1, Bo 20-hundra," Byggs miljö, KTH, Gävle, 1996.
- [65] WebIQ AB, "Logger 2020," 2012. [Online]. Available: <http://www.logger2020.se>. [Använd 04 04 2012].

- [66] KYAB, "KYAB - OM SABER," 2010. [Online]. Available: <http://www.kyab.se/produkter/>. [Använd 04 04 2012].
- [67] Exibea, "Eliq," 2012. [Online]. Available: <http://www.exibea.se/>. [Använd 04 04 2012].
- [68] P. Fritz, E. Jörgensen och E. Lindsoug, "Att följa elpriset bättre - prismodeller och styrteknik i fältförsök, rapport 09:27.," Elforsk, Stockholm, 2009.
- [69] Energimyndigheten, "STIL 2 - energianvändningen i lokaler.," Sveriges energimyndighet, 09 09 2011. [Online]. Available: [http://energimyndigheten.se/Statistik/Forbatttrad-energistatistik-i-bebyggelsen/Inventering-av-energianvandningen-i-lokaler/](http://energimyndigheten.se/Statistik/Forbatttrad-energistatistik-i-bebyggelsen/Inventering-av-energianvandningen-i-lokaler-/). [Använd 29 05 2012].
- [70] K. Karlsson och J. Widén, "Hushållens elanvändningsmönster identifierade i vardagens aktiviteter," Linköping universitet, Linköping, 2008.
- [71] SMHI, "SMHI - klimatdata," [Online]. Available: <http://www.smhi.se>. [Använd 30 05 2012].
- [72] P. Söderholm, G. Michanek, M. Pettersson och K. Söderholm, "Tillståndprocesser och planering för ny elproduktion: Sverige i ett internationellt perspektiv, rapport 09:12," Elforskq, Stockholm, 2009.
- [73] SOU, *Bättre kontakt via nätet: om anslutning av förnybar elproduktion*, Stockholm: Statens offentliga utredningar, 2008.
- [74] Näringsutskottet betänkande, *Timmätning för aktiva elkonsumenter 2011/12:NU21*.
- [75] J. Lundgren, S. Granström och M. Pålsson, "Ökat inflytande för kunderna på elmarknaden: Timmätning för elkunder med abonnemang om högst 63 Ampere, EI R2010:22," Energimarknadsinspektionen, Eskilstuna, 2010.
- [76] Näringsdepartementet, *Refomerer för att stärka konsumenten på energimarknaden*, Stockholm: Näringsdepartementet, 2012.
- [77] Nord Pool Market Data, [Online]. Available: <http://www.nordpoolspot.com>. [Använd 04 06 2012].
- [78] SCB, *Priser på elenergi och överföring av el*, SCB: Örebro, 2012.

- [79] N. Etherden och M. Bollen, "Effect of Large Scale Energy Storage on CO2 Emissions in the Scandinavian Peninsular," i *Tenth Nordic Conference Electricity on Distribution System Management and Development*, Finland, Esbo, 2012.
- [80] A. Lindahl, M. Bengtsson, J. Frisk och M. Tapper, "Småskalig elproduktion för eget bruk: Slutrapport avseende projekt Mikroproduktion av el," Elforsk, Stockholm, 2010.
- [81] "Vindstat - statistik över Svenska vindkraftverk," [Online]. Available: www.vindstat.nu. [Använd 10 08 2012].
- [82] SVEP, "Fler än en 1 miljon värmepumpar," 20 02 2011. [Online]. Available: <http://www.svepinfo.se/aktuellt/nyhetsarkiv/2011/flu-an-1-miljon-varmepumpar-i-sverige/>. [Använd 30 07 2012].
- [83] Energimyndigheten, SCB, "Energisstatistik för småhus 2008, ES 2009:07," Energimyndigheten, Eskilstuna.
- [84] SCB, "Statistiska Centralbyrån," [Online]. Available: <http://www.scb.se>. [Använd 15 08 2012].
- [85] German Solar Industry Association, "Germany takes just a decade to reach 1 millionth solar PV system installed," 2011.
- [86] D. Lenardic, "Large-Scale Photovoltaic Power Plants," pvresources.com, 2010.
- [87] Energistyrelsen, "Årlig energistatistik," [Online]. Available: <http://www.ens.dk>. [Använd 04 08 2012].
- [88] Energimyndigheten, "Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler," Energimyndigheten, Eskilstuna, 2010.
- [89] "Elbilsupphandling," [Online]. Available: <http://www.elbilsupphandling.se/>. [Använd 10 08 2012].

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB

Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30, Telefax: 08-677 25 35
www.elforsk.se