



## 100 procent förnybar elenergi år 2020 – 2025 – 2030?

---

Göran Sidén, Högskolan i Halmstad  
Jonny Hylander, Högskolan i Halmstad  
Charlotta Winkler, WSP Sverige AB  
Christian Stenqvist, EvalPart AB

**Juni 2016**



Titel: 100 procent förnybar elenergi år 2020 – 2025 – 2030?

Publiceringsdatum: 30 juni 2016

© Författarna och forskningsmiljön BLESS vid Högskolan i Halmstad, Box 823, 30118  
Halmstad

<http://www.hh.se/akademinforekonomiteknochnaturvetenskap/forskning/bless.273.html>

Denna publikation är tillgänglig via <http://hh.diva-portal.org>

## Förord

I Sverige förs för närvarande en intensiv debatt om den framtida svenska energipolitiken. Den förnybara energin växer snabbt medan fossil elproduktion minskade i Sverige (Svensk Energi, 2016) och världen 2015 (BP, 2016). Sverige har högst andel förnybar energi inom EU, och mycket goda förutsättningar att öka andelen ytterligare.

Nätverket 100 procent förnybart har tillsammans med miljöorganisationerna Greenpeace, WWF Sverige och Naturskyddsföreningen, beställt en rapport om möjligheterna att uppnå 100 procent förnybar elförsörjning i ett kortare tidsperspektiv än till 2040 som anges i den tvärvärdpolitiska överenskommelsens i juni 2016. Rapporten ska presentera scenarier för 100 procent förnybar el i Sverige till 2020, 2025 respektive 2030 med en kortare analys av konsekvenserna en sådan omställning för med sig.

Bakgrunden till det korta perspektivet 2020 är kärnkraftsägarnas ultimatum om att stänga alla reaktorer 2020 om inte effektskatten på kärnkraft "omedelbart helt" tas bort (DN, 9 april, 2016). Syftet med rapporten är således inte att visa på exakta kostnader eller ett optimalt årtal för ett 100 procent förnybart elsystem, utan att visa att det finns goda möjligheter att ersätta kärnkraften med förnybart även på kort sikt och därmed trygga Sveriges elförsörjning.

I energiöverenskommelsen den 10 juni 2016 ingår en plan för avveckling av effektskatten. Den ska avvecklas åren 2017-2018. Men kärnkraften ska också bära sina kostnader, så det är sannolikt att avgiften till kärnavfallsfonden kommer att behöva höjas, därmed blir skillnaden kanske inte så stor (Vetenskapsradion, 2014).

Rapporten har utarbetats av forskare och ges ut av Högskolan i Halmstad, som bedriver forskning och utbildning inom området förnybar energi.

I rapporten behandlas elanvändning och elenergieffektivisering, solkraft, vindkraft och bioenergi. Andra nya energiformer, som vågkraft, är under utveckling, men förväntas inte bli ekonomiskt konkurrenskraftiga i betydande skala inom det aktuella tidsperspektivet.

**Tabell 1.** Sammanfattning av de tre scenarierna för att uppnå minst 100 procent förnybar elenergi i Sverige. Minskningen från normalårsproduktionen 2015 behöver vara 42 TWh.

Scenario	Eleffektivisering	Ny solkraft	Ny vindkraft	Ny biokraft	Andel förnybar el
	TWh	TWh	TWh	TWh	Procent
100 % till 2020	5	4	28	5	100
100 % till 2025	7	7	28	5	104
100 % till 2030	8	10	28	5	107

## Sammanfattning

Rapporten beskriver möjligheterna att ställa om Sveriges elförsörjning till 100 procent förnybart i tre olika tidsperspektiv, fem, tio eller femton år.

Scenarierna är genomförbara. Kostnaden för elproduktion från nya anläggningar för sol- och vindkraft är redan idag eller kommer snart att vara lägre än kostnader för energi från nya anläggningar för den fossilkraft eller kärnkraft som ska ersättas. Detta gäller i synnerhet om man tar hänsyn till de så kallade externa kostnaderna. Externa kostnader är kostnader för klimatpåverkan, kemiska och radioaktiva rutinutsläpp och stora olyckor som belastar samhället, men som inte betalas direkt av elproducenterna.

### 100 procent förnybar el 2020

**5-årsperspektivet** kräver en kraftfull men genomförbar satsning.

- Effektivisering sker i ungefär samma omfattning som de senaste fem åren.
- Vindkraften byggs ut med en lägre ökningstakt än den som skett de senaste åren. Viss havsbaserad vindkraft byggs ut.
- Installationerna av solceller ökar rejält, men våra grannländer Tyskland och Danmark har redan provat motsvarande utvecklingstakt framgångsrikt.
- El från bioenergi kan i stor utsträckning genereras i befintliga anläggningar. Konvertering kan genomföras av anläggningar, som idag bara ger värme, till kraftvärmeverk, som både ger elenergi och värme.

En normal prisnivå både för elenergin och elcertifikaten (beskrivs i kapitel 7.4 och 9.1) behövs för att byggandet av de nya anläggningarna ska kunna ske till acceptabla ekonomiska villkor.

## **100 procent förnybar el 2025**

**10-årsperspektivet** har i stort sett samma utvecklingstakt som vi haft de senaste åren.

- Effektiviseringstakten kan minska och det blir utrymme för el till nya tillämpningar.
- Solenergin utvecklas som i förra scenariot men i lugnare takt.
- Den årliga utvecklingstakten för vind- och biokraft blir lägre.
- Det betyder att man i detta scenario skulle kunna öka ambitionen att ersätta fossil energi inom industrin och transportsektorn ytterligare.

## **100 procent förnybar el 2030**

**15-årsperspektivet** har en högst måttlig utbyggnadstakt. Här finns möjlighet att bygga mer än vad som behövs inom landet. Överskottet av förnybart producerad elenergi kan exporteras till våra grannländer för att där ersätta fossilkraft och kärnkraft.

De investeringar som behöver göras årligen blir högre när utvecklingen sker snabbt. Utvecklingen av sol- och vindkraft innebär ett omfattande bygnads- och anläggningsarbete. Det kan bli ett problem för en förväntad överhettad byggmarknad.

Utvecklingen av den förnybara energin är nödvändig om de målsättningar som blev resultatet av klimatmötet i Paris hösten 2015 ska kunna uppfyllas. Om inte vi i Sverige, med våra exceptionellt goda förutsättningar väljer förnybart, kan vi knappast förvänta oss att andra länder ska göra det. Sverige bör vara bland de första att klara en helt förnybar energiförsörjning, för att skynda på den nödvändiga omställningen globalt. Vi kan bidra till omvärlden med direktlexport, industriell och affärsmässig kompetens och stötta utvecklingen i Europa och resten av världen.

### **För att den skisserade utvecklingen ska komma till stånd behövs:**

- En elmarknad i balans.

- Handelshinder för el över gränserna måste tas bort.
- Fungerande stödsystem.
- Stopp för subventioner av icke förnybar energi.
- Koldioxidavgifter för fossilkraft måste få en rimlig nivå.
- Reservkraftverk måste konverterats till biobränsle.
- Stödsystem för effektiviseringsåtgärder, t ex vita certifikat.

# Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	4
<b>Innehållsförteckning</b> .....	8
1 Inledning .....	10
2 Elanvändning och eleffektivisering .....	13
2.1 Sektorindelning och utgångsläge.....	14
2.2 Potential för minskad elanvändning på sektornivå.....	15
2.2.1 Industrin .....	16
2.2.2 Transporter.....	19
2.2.3 Bostäder och service .....	19
2.2.4 Fjärrvärme och raffinaderier .....	20
2.2.5 Överföringsförluster .....	20
3 Solkraft.....	22
3.1 Solkraft i världen.....	22
3.2 Inmatningstariffer och nettodebitering .....	25
3.3 Inventering av fasadytor.....	27
3.4 Energimyndighetens HEFTIG .....	27
4 Vindkraft.....	29
4.1 Vindkraft i världen .....	30
4.2 Vindkraft i Sverige.....	30
4.3 Vindkraft till havs.....	31
4.4 Potential för utbyggnad.....	32
5 Bioenergi .....	34
6 Elnätet och effektreserver .....	37
7 Kostnader och externa kostnader.....	39
7.1 Aktuellt exempel vindkraft .....	40



7.2	Aktuellt exempel solcellspark.....	40
7.3	Aktuellt exempel takplacerade solceller .....	41
7.4	Priset på el .....	42
8	Tre scenarier .....	44
8.1	Femårsscenarioet .....	44
8.1.1	Effektivisering och minskad elanvändning.....	44
8.1.2	Solkraft .....	44
8.1.3	Vindkraft.....	44
8.1.4	Biokraft .....	45
8.2	Tioårsscenarioet .....	45
8.2.1	Effektivisering och minskad elanvändning.....	45
8.2.2	Solkraft .....	46
8.2.3	Vindkraft.....	46
8.2.4	Biokraft .....	46
8.3	Femtonårsscenarioet.....	47
8.3.1	Effektivisering och minskad elanvändning.....	47
8.3.2	Solkraft .....	47
8.3.3	Vindkraft.....	48
8.3.4	Biokraft .....	48
9	Blir låga elpriser ett hinder för förnybar energi?.....	49
9.1	Elcertifikaten.....	49
9.2	Rekommendationer/slutsatser.....	50
10	Referenser .....	53
11	Författarna .....	57

# 1 Inledning

En tvärpolitisk energiöverenskommelse om den svenska energipolitiken träffades den 10 juni 2016. Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna enades om Sveriges långsiktiga energipolitik. Överenskommelsen utgör en gemensam färdplan för en kontrollerad övergång till ett helt förnybart elsystem, med mål om 100 procent förnybar elproduktion år 2040.

I denna rapport vill vi visa vilka möjligheter det finns för en mycket snabbare omställning av elproduktionen.

Det har redan beslutats att fyra kärnkraftreaktorer skall avvecklas till 2020. Vattenfall och E.on skrev gemensamt i DN att med dagens effektskatt på kärnkraft lönar det sig inte att driva de återstående sex reaktorerna vidare efter 2020.

Kärnkraften gav 54,4 TWh år 2015. Sverige hade samma år ett nettoöverskott på 22,6 TWh el som exporterades. Med de produktionsförhållanden som rådde förra året skulle vi utan kärnkraft behöva ersätta 31,8 TWh med andra energikällor eller effektivisering. Under ett dåligt år för vattenkraft och vindkraft skulle det behövts mer.

Förra året var ett rekordår för förnybar elproduktion. Förutom att det var ett bra år för vattenkraften, ökade produktionen från vindkraft med hela 44 procent. Totalt 75 procent av elkonsumtionen i Sverige täcktes av förnybara källor. Det rekordstora överskottet av elenergi exporterades huvudsakligen till Finland.

**Tabell 2.** Sveriges totala elbalans 2015 (Svensk Energi, 2016).

Vattenkraft	74,0 TWh
Vindkraft	16,6 TWh
Kärnkraft	54,4 TWh
Värmekraft bio	11,0 TWh
Värmekraft fossil	2,5 TWh
Solkraft	0,1 TWh
<b>Total generering</b>	<b>158,5 TWh</b>
<b>Elanvändning inom landet</b>	<b>135,9 TWh</b>
<b>Nettoöverskott/export</b>	<b>22,6 TWh</b>

Solkraften finns med för första gången i Svensk Energis årsrapport (Svensk Energi, 2016) Bidraget, 0,1 TWh, är inte stort, men det finns en stor potential för ökning. I andra EU-länder som Tyskland, Grekland och Italien svarar solen nu för 7 - 8 procent av elenergin. Den största andelen solkraft är småskalig. I Tyskland finns idag 1,5 miljoner villor med solceller på taken. Solel har blivit allt billigare med tiden och är redan det billigaste sättet att få ny elproduktion i flera länder i världen.

Det finns höga förväntningar på el- och energieffektivitet, en uppsättning EU-direktiv ställer ambitiösa krav på medlemsländerna att öka energieffektiviseringstakten inom alla sektorer. Detta driver teknik- och marknadsutveckling inom många områden: eleffektiv belysning samt passiv- och lågenergihus för att nämna några. Systematiskt energiledningsarbete har börjat få genomslag i delar av industrin. EU har satt ett mål om 20 procent lägre primärenergianvändning till år 2020 (och sedan -27 procent till år 2030) jämfört med en prognoserad baslinje. Medlemsländerna har dock motsatt sig bindande mål och överlag inte implementerat de nationella mål som står i paritet till EU:s övergripande mål. Sverige utgör ett nedslående exempel på detta. Trots en svag målsättning har svensk elanvändning minskat med i genomsnitt 1 TWh per år över det senaste årtiondet, vilket delvis beror på svag global efterfrågan och minskad produktion i delar av den elintensiva industrin, men också på verklig eleffektivisering inom industri- och fastighetssektorn.

Utbyggnaden av internationella elnät förbättrar förutsättningarna för högre andelar förnybar energi. Med mer överföringskapacitet inom Europa kan reservkapacitet i högre grad delas mellan länder och värdet ökar av el från sol- och vindkraftverk. En ny HVDC-kabel, NordBalt, mellan Nybro och Klaipeda i Litauen togs i bruk i början av 2016. Norge har beslutat eller överväger nya kablar till England, Tyskland och Skottland. Danmark vill bygga en kabel till England.

Aktuella beräkningar av kostnader för ny elenergi, både i Sverige, EU, Kina och USA visar att vindkraft på land nu hör till det som är billigast att bygga ut. Även effektivisering av elanvändningen har stor ekonomisk potential. De åtgärder som genomfördes i svensk energiintensiv industri under PFE (Energimyndighetens Program för energieffektivisering) var i regel mycket lönsamma, med en genomsnittlig återbetalningstid på 1,5 år (Stenqvist, 2013).

Det globala nätverket REN21, som vill verka för införandet av förnybar energi, ger årligen ut en rapport om utvecklingen i världen (REN21, 2016). Årets rapport visade att de globala

investeringarna för förnybar energi år 2015 uppgick till 286 miljarder US\$. Det var de högsta någonsin och en ökning med fem procent från året före. Elproduktionen från förnybara energikällor ökade 2015 med 250 TWh jämfört med året innan medan fossil elproduktion minskade med ca 80 TWh i världen. (BP, 2016). En stor del av investeringarna, 77 procent, gick till sol- och vindkraft. Den installerade effekten i dessa ökade med 21 procent. Att effekten ökar mer än investeringarna indikerar en fortsatt minskning av kostnaderna för sol- och vindkraft.

Vi har därmed bättre möjligheter än någonsin att göra elproduktionen 100 procent förnybar. Det behövs inga tekniska genombrott och det blir successivt allt mer lönsamt när industriell erfarenhet sänker kostnaderna ju mer man producerar. I framtiden kan vi därmed få billigare elenergi från förnybara källor än de kostnader vi har för dagens elförsörjning.

## 2 Elanvändning och eleffektivisering

Hur Sveriges elanvändning förändras framöver beror i huvudsak på tre faktorer rörande samhällets och ekonomins utveckling:

- **Aktivitet:** den efterfrågansstyrda totala volymen av samtliga elkrävande aktiviteter
- **Strukturell förändring:** mixen av och skiftena mellan olika elkrävande aktiviteter, exempelvis inom skogsindustrin från termomekanisk massa (2200 kWh per ton) till kemisk sulfatmassa (500–700 kWh per ton) (Wiberg et al., 2012)
- **Eleffektivisering:** att en och samma aktivitet utförs, eller produkt tillverkas, med lägre specifik elåtgång (t.ex. färre kWh per ton tidningspapper)<sup>1</sup>

Att Sveriges eller en sektors totala elanvändning och elintensitet (ett monetärt mått mätt i kWh per förädlingsvärde) minskar beror alltså bara delvis på den eleffektivisering som möjligtvis har ägt rum på aktivitets- eller produktnivå. Dessvärre kan officiell statistik sällan åskådliggöra data över elanvändning och produktion på en detaljnivå som tillåter noggranna uppskattningar av eleffektivisering och strukturomvandling. En annan utmaning är att eleffektivisering i sig inte låter sig mätas. Det går dock att mäta elanvändning före och efter en eleffektiviseringsåtgärd och bedöma förändringens storlek relativt en baslinje över normal elanvändning givet att åtgärden inte hade utförts.<sup>2</sup> Dessa aspekter komplicerar uppföljning av trendutveckling samt utvärdering av styrmedel och marknadsmekanismer för el- och energieffektivisering. Bristande nulägeskunskap medför samtidigt viss osäkerhet i bedömningar av framtida eleffektivisering och elanvändning. Det finns dock mycket belägg för att stora energieffektiviseringspotentialer i många fall inte tillvaratas. Enligt internationella bedömningar kan 60–80 procent av ekonomiskt motiverad energieffektiviseringspotential förbli outnyttjad (IEA, 2014). Styrmedel och marknadsmekanismer behöver förstärkas för att främja energieffektivisering utöver de mer eller mindre spontana åtgärder som sker vid revision och planerat underhållsarbete.

---

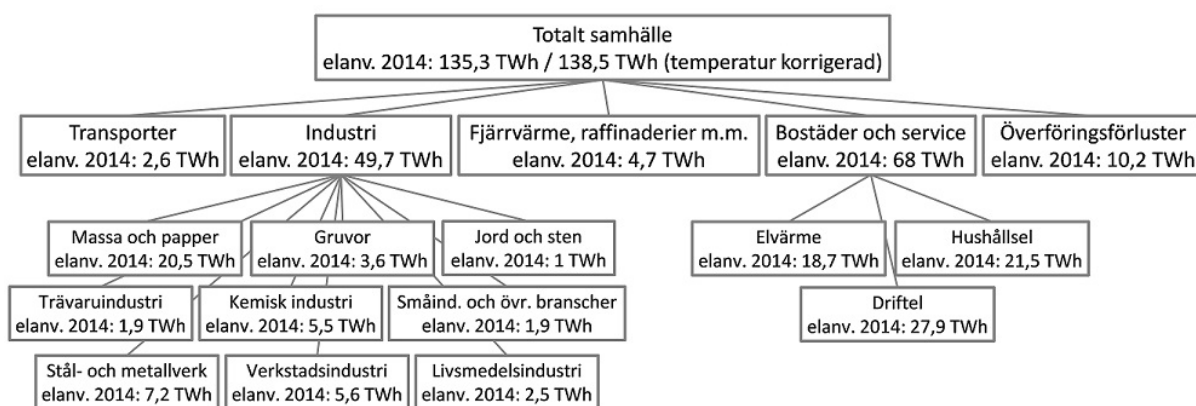
<sup>1</sup> Till skillnad från eleffektivisering brukar elbesparing innebära en minskad elanvändning från att avsäga sig hela nyttan som elen tillför, t.ex. att släcka lyset (elbesparing) snarare än att byta till LED (eleffektivisering).

<sup>2</sup> Den vetgiriga effektiviseringsanalytikern är nödd att samla data från fältet – från processingenjören om raffinörens elförbrukning i kWh per ton mekanisk massa, från fastighetsförvaltaren om kWh per m<sup>2</sup> kontorsyta för belysning – och undersöka nyckeltalets förbättring efter tekniska åtgärder eller beteendeförändringar.

Ur dessa reflektioner om elanvändning och eleffektivisering framgår att Sveriges energiintensitetsmål – energitillförseln ska minska med 20 procent relativt BNP från 2008 till 2020, ibland slarvigt kallat ett ”mål för energieffektivisering” (Regeringskansliet, 2015) – är en grov politisk approximation av det som praktiker och forskare avser med begreppet (Blok, 2006). Målet medger, i konflikt med EU:s övergripande mål, att energitillförseln ökar givet att tillväxten ökar relativt mer. Målet är också en ambitionssänkning för svensk ekonomis energiintensitet som under föregående 12-årsperiod (1996–2008) minskade med 35 procent (Regeringskansliet, 2011). Riksdag och regering har inte antagit några andra sektorsspecifika mål om energi- eller eleffektivisering. Frågan verkar inte ligga så högt upp på agendan som politisk retorik brukar förespegla.

## 2.1 Sektorindelning och utgångsläge

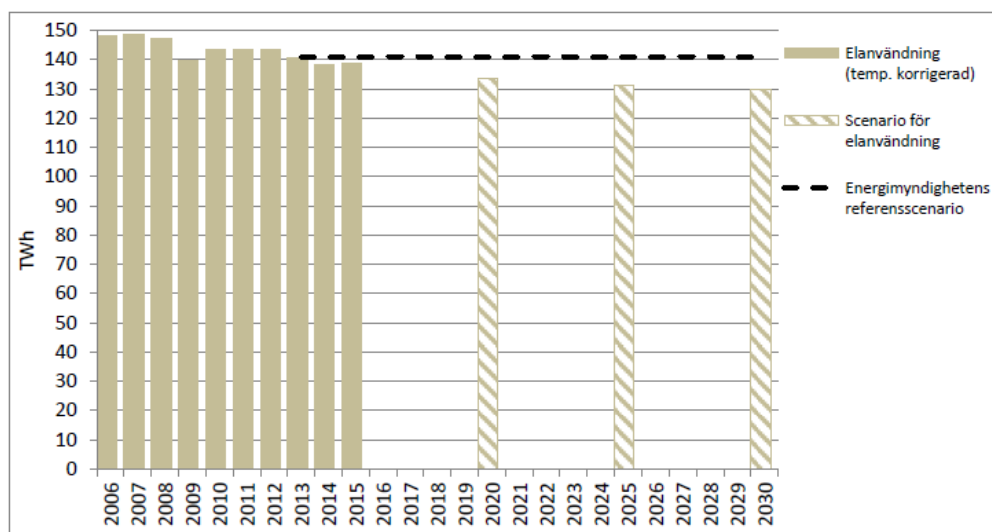
Till grund för analysen ligger officiell statistik över samhällets elanvändning (STEM, 2016). För industrin samt bostäder och service tillåter statistiken att analysen bryts ned på industriell branschnivå och typ av elanvändning enligt Figur 1. Basåret 2014 sätter utgångsläget för bedömningen av framtida elanvändning under inverkan av eleffektivisering, aktivitets- och strukturförändring.



**Figur 1.** Sektorindelning och analysnivå baserat på data från STEM (2016).

Som jämförelse till våra scenarion för framtida elanvändning kan ställas Energimyndighetens scenario för energisystemets utveckling till år 2030 (STEM, 2014). Givet antaganden om befolkningsökning, tillväxt, energiprisutveckling och inverkan från beslutade styrmedel anger Energimyndighetens referensfall att elanvändningen hålls oförändrad på

141 TWh till år 2030.<sup>3</sup> Till skillnad från denna statistiska utveckling, betraktad som ett "business-as-usual" scenario, tar våra scenarion fasta på följande observationer och antaganden:



Figur 2. Scenario för elanvändning till år 2020, 2025 och 2030.

- sedan år 2006 har svensk elanvändning minskat med i genomsnitt 1 TWh per år
- omställningen till ett 100 procent förnybart elsystem utan kärnkraft kräver eleffektivisering, minskad elanvändning och anpassning till variabel elproduktion
- nyligen beslutade styrmedel och program för energieffektivisering bidrar till ökad eleffektivisering och fortsatt minskad elanvändning till år 2020
- framtida styrmedel/program samt teknik- och marknadsutveckling för produkter och tjänster, ger ökad eleffektivisering och minskad elanvändning till år 2030
- strukturförändringar bidrar till minskad elanvändning.

Enligt Figur 2 medför detta att Sveriges elanvändning antas minska med 8,4 TWh (6 procent) till år 2030 relativt den temperaturkorrigerad elanvändning år 2014.

## 2.2 Potential för minskad elanvändning på sektornivå

Under nedanstående rubriker följer sektorsvisa analyser av förutsättningarna för framtida elanvändning, sammanställt med siffror i Tabell 3.

<sup>3</sup> Det är oklart vilka "beslutade styrmedel", utöver nuvarande energi- och koldioxidskatter, som faktiskt inkluderas och hur de inverkar på elanvändningen i Energimyndighetens scenario (STEM, 2014).

## 2.2.1 Industrin

**Massa- och pappersindustrin** svarar för 20,5 TWh (41 procent) av industrins elanvändning och har stor inverkan på framtida elanvändning. Under 2007–2014 har produktionsvolymen minskat med 15 procent då särskilt elintensiva produkter som termomekanisk massa och tidningspapper har drabbats av överkapacitet och svag efterfrågan. Flera pappersmaskiner har avvecklats och produktionen av tidningspapper har halverats. Viss nyinvestering sker inom sulfatmassa för avsalu och förpackningsmaterial med relativt låg specifik elåtgång (Skogsindustrierna, 2015). Samtliga företag har deltagit i Programmet för

**Tabell 3.** Sammanställning av elanvändning i sektorer och branscher.

Sektor/bransch	2014 [TWh]	2020 [TWh]	2025 [TWh]	2030 [TWh]
<b>Industrin</b>	<b>49,7</b>			
Massa och papper	20,5	19 (-1,5)	18,5 (-2)	18 (-2,5)
Järn och stål, metallverk	7,2	6,4 (-0,8)	6,8 (-0,4)	6,8 (-0,4)
Kemisk industri	5,5	5,6 (+0,1)	5,7 (+0,2)	5,8 (+0,3)
Verkstadsindustri	5,6	5,7 (+0,1)	5,8 (+0,2)	5,8 (+0,2)
Livsmedel, småindustri och övriga branscher	4,4	4,1 (-0,3)	4,0 (-0,4)	3,9 (-0,5)
Gruvor	3,6	3,8 (+0,2)	3,9 (+0,3)	4,0 (+0,4)
Trävaruindustri	1,9	1,6 (-0,3)	1,7 (-0,2)	1,7 (-0,2)
Jord- och stenindustri	1	0,9 (-0,1)	0,8 (-0,2)	0,8 (-0,2)
<b>Bostäder och service</b>	<b>68</b>			
Elvärme	18,7	16,3 (-2,4)	15,3 (-3,4)	14,0 (-4,7)
Hushållsel	21,5	22,3 (+0,8)	22,5 (+1)	22,8 (+1,3)
Driftel	27,9	27,3 (-0,6)	26,3 (-1,6)	25,8 (-2,1)
<b>Transporter</b>	<b>2,6</b>	<b>2,8 (+0,2)</b>	<b>3,6 (+1)</b>	<b>4,6 (+2)</b>
<b>Överföringsförluster</b>	<b>10,2</b>	<b>9,7 (-0,5)</b>	<b>8,7 (-1,5)</b>	<b>8,2 (-2)</b>
<b>Fjärrvärme och raffinaderier</b>	<b>4,7</b>	<b>4,7 (0)</b>	<b>4,7 (0)</b>	<b>4,7 (0)</b>
<b>Elanvändning/temp. korr. elanvändning 2014</b>	<b>135,3 / 138,5</b>			
<b>Elanvändning i scenario (minskad elanvändning relativt temp. korrigerad elanvändning 2014)</b>		<b>133,4 (-5,1)</b>	<b>131,5 (-7)</b>	<b>130,1 (-8,4)</b>

energieffektivisering (PFE) och redovisat eleffektiviseringsåtgärder motsvarande 3 procent av elanvändningen (Stenqvist, 2013). Krav på energikartläggning enligt EU:s energieffektiviseringsdirektiv gäller framöver varför branschen förväntas fortsätta energiledningsarbetet, identifiera och genomföra eleffektiviseringsåtgärder. Sammantaget antas en minskad produktionsvolym till 2020, strukturförändringar mot ökad andel produkter med lägre specifik elanvändning, och eleffektivisering i nivå med tidigare PFE-perioder göra att elanvändningen minskar med 1,5 TWh (2020), 2 TWh (2025) och 2,5 TWh (2030).

**Järn-, stål- och metallverk** står för 7,2 TWh (14,5 procent) av industrins elanvändning fördelat på järn- och stålframställning (4 TWh), tillverkning av primäraluminium (1,8 TWh) samt andra metaller, legeringar, gjutning och bearbetning. Svensk råstålproduktion sjönk med 4 procent år 2015 och har hittills i år minskat med 10 procent (Jernkontoret, 2016).



Global överkapacitet och svag efterfrågan antas leda till att elanvändningen i den konjunkturberoende järn- och stålindustri minskar med 0,4 TWh till år 2020. Därefter antas en viss produktionsåterhämtning ske parallellt med eleffektivisering till år 2025 och 2030. Aluminiumindustrin driver nätverket GeniAl för att öka kunskaper om och genomförandet av energieffektiviseringsåtgärder med målet att minska specifik energianvändning med 25 procent till år 2020 jämfört med 2005. Rapporteringen antyder att aluminiumindustrin rätt nyligen har börjat kartlägga energieffektiviseringspotentialen. Dess enda deltagare i PFE redovisade eleffektiviseringsåtgärder motsvarande hela 20 procent av elanvändningen (STEM, 2011). Potentialen bedöms vara outnyttjad och aluminiumindustrin förväntas uppnå sitt mål vilket kan resultera i en minskad elanvändning om 0,4 TWh till år 2020 som upprätthålls till år 2030. Sammantaget antas att hela branschens elanvändning minskar med 0,8 TWh (2020), 0,4 TWh (2025) och 0,4 TWh (2030).<sup>4</sup>

**Kemiindustrins** elanvändning är 5,5 TWh. Elintensiva verksamheter som tillverkar baskemikalier, basplast och industrigaser deltog i PFE och redovisades varierande eleffektiviseringsresultat motsvarande 2–20 procent av elanvändningen (STEM, 2011). För branschens stora företag föreligger krav på att genomföra energikartläggning. Produktionsökning kompenseras av eleffektivisering antas sammantaget bidra till att branschens elanvändning ökar med 0,1 TWh (2020), 0,2 TWh (2025) och 0,3 TWh (2030).

**Verkstadsindustrins** många företag svarar för nära hälften av industrins förädlingsvärde men mer begränsade 11 procent (5,6 TWh) av elanvändningen. För stora företag krävs att energikartläggningar genomförs medan små- och medelstora verkstadsföretag har möjlighet att delta i nätverk för energieffektivisering och få ekonomiskt stöd för energikartläggning och planering av energieffektiva investeringar. Produktionsökning kompenseras av eleffektivisering antas bidra till att branschens elanvändning ökar med 0,1 TWh (2020) och 0,2 TWh (2025 och 2030).

**Livsmedelsindustrin** står för 2,5 TWh och **småindustri och övriga branscher** för 1,9 TWh. Relevant för dessa företag och delar av verkstadsindustrin är en pågående nationell satsning för små- och medelstora företag (SMF), med energianvändning över 2 GWh/år och färre än

---

<sup>4</sup> Järnmalmsbaserad tillverkning av råjärn är beroende av fossil koks som medför stora koldioxidutsläpp. Ökad elektrifiering och vätgas har förts fram som alternativ. Ett tekniskifte skulle kunna öka svensk järn- och stålindustris elanvändning betydligt men bedöms ligga långt fram i tiden, bortom år 2030.

250 anställda, att ingå i regionala nätverk för energieffektivisering. Runt 40 nätverk med 16 företag i varje ska drivas baserat på framgångsrikt koncept från Tyskland där formaliserade samarbetsnätverk har medfört energieffektiviseringsresultat om 10 procent över en fyraårsperiod (Köwener et al., 2014). SMF i livsmedelsindustrin är en målgrupp för de svenska företagsnätverken och som ett lägre riktmärke för dess eleffektiviseringspotential kan nämnas att tiotalet större livsmedelsföretag som deltog i PFE redovisade åtgärder motsvarande 5,3 procent av elanvändningen (Stenqvist, 2013). Givet att nätverken samlar företag med en elanvändning om 3 TWh antas eleffektivisering och bibehållen produktion bidra med en minskning om 0,3 TWh (2020). Vid utökad satsning antas elanvändningen minska med 0,4 TWh (2025) och 0,5 TWh (2030).<sup>5</sup>

**Gruvindustrins** elanvändning är 3,6 TWh. Nyinvesteringar och ökad produktionskapacitet utgör den huvudsakliga drivkraften till att elanvändningen antas öka med 0,2 TWh (2020), 0,3 TWh (2025) och 0,4 TWh (2030).

**Trävaruindustrins** elanvändning är 1,9 TWh. I nätverket "EnergiEffektivisering i Sågverksindustrin" har branschen gått in för att minska energianvändningen med minst 20 procent per producerad m<sup>3</sup> till 2020, ett mål som styrks av studier av energiledning i branschen (Olsson et al., 2014). Vid antagande om bibehållen produktion till år 2020, trots svag efterfrågan på viktiga marknader i Mellanöstern och Nordafrika, bör elanvändningen kunna minska med 0,3 TWh till år 2020 och sedan öka i mindre grad till år 2030.

**Jord- och stenindustrins** elanvändning om 1 TWh finns främst inom cement-, kalkstens- och krossprodukter där el används för krossning, malning, blandning och transportband. Nyckeltal för internationella jämförelser visar att svensk cementtillverkning har potential att sänka den specifika energianvändningen med 25 procent (Bosseboeuf, 2015). Förändrad sammansättning till lägre andel klinker, ersatt av förbränningsaskor, kan effektivt minska elanvändning och koldioxidutsläpp per ton cement. Företag i PFE redovisade låga eleffektiviseringsresultat (<2 procent) och icke-deltagande företag bör ha än större outnyttjad potential (STEM, 2011). Trots viss produktionsökning, givet inhemsk efterfrågan, antas att elanvändningen kan minska med 0,1 TWh (2020) och 0,2 TWh (2025 och 2030).

---

<sup>5</sup> Små- och medelstora företag är en heterogen grupp men i jämförelse med typiskt energiintensiva branscher har de liten erfarenhet av energiledning och en procentuellt sett större outnyttjad energieffektiviseringspotential. Det beror bl.a. på att dess energikostnad utgör en lägre kostnadsandel och att de inte ingår i större koncerner med resurser att bedriva långtgående energi- och miljöledningsarbete (Thollander, 2008).

### 2.2.2 Transporter

För transportsektorn finns förväntningar om ökad elektrifiering. En stambana för höghastighetståg kan öka elanvändning från dagens 2,6 TWh men även vid ett snart politiskt beslut kan en sådan trafikeras först bortom år 2030. I dagsläget finns ca 20 000 laddbara elbilar, ladd-hybrider och helt batterielektriska, i trafik. Ett bonus-malus-system har föreslagits från 2018<sup>6</sup> vilket ihop med ökat marknadsutbud antas kunna öka antalet laddbara elbilar till 100 000 fordon år 2020 och 1 miljon fordon år 2030. Transportsektorns elanvändning skulle därigenom öka med 0,2 TWh (2020), 1 TWh (2025) och 2 TWh (2030).<sup>7</sup>

### 2.2.3 Bostäder och service

Inom bostäder och service antas prognoserad befolkningsökning (SCB, 2016a) få ett direkt genomslag i ökad elanvändning – 5,8 TWh (2020), 9,5 TWh (2025), 12 TWh (2030) – som fördelas proportionellt på elvärme, hushållsel och driftel. Samtidigt tas eleffektiviseringspotentialen i anspråk vilket medför att sektorns elanvändning minskar i absoluta tal.

**Elvärme** inklusive värmepumpar står för 18,7 TWh och är det vanligaste uppvärmningssättet i småhus. Totalt finns 1,1 miljon värmepumpar av olika slag i svenska småhus men allttjämt förekommer direktverkande elvärme och vattenburen elvärme/elpatron (STEM, 2015). Elvärme kan reduceras väsentligt genom att husägare ansluter till fjärrvärme eller i ökad utsträckning väljer värmepumpslösningar och alternativ. När värmepumpar med tiden byts ut uppnås betydligt högre verkningsgrad. Förbättrat klimatskal genom vinds- och tilläggsisolering leder också till minskad elvärme. Efter beaktande av befolkningsökning antas elvärme minska med 2,4 TWh (2020), 3,4 TWh (2025) och 4,7 TWh (2030).

**Hushållsel** för t.ex. elektronik och belysning står för 21,5 TWh. Efter snabb tillväxt under 1970–1990 har hushållselen ökat svagt senare år. Vissa apparater har blivit mer eleffektiva och ett större innehav behöver inte betyda ökad användning. EU:s ekodesign- och energimärkningsdirektiv främjar fortsatt marknadsutveckling för eleffektiva produkter med inverkan på hushållens elanvändning. Det finns dock en eftersläpning i konsumenters upptag påverkat av t.ex. preferenser och en utbredd begagnatmarknad. Hyresgäster saknar ofta möjlighet att välja vitvaror, tvätt- och torkutrustning trots att de betalar för elanvändningen.

---

<sup>6</sup> Ett sådant system subventionerar (bonus) inköp av elbilar och bilar med alternativa drivlinor samtidigt som det bestrafvar (malus) bensin- och dieseldrivna bilar genom t.ex. höjd fordonskatt (SOU 2013:84).

<sup>7</sup> Genomsnittlig körsträcka antas vara 1500 mil/personbil/år och genomsnittlig elanvändning 1,4 kWh/mil.

Efter beaktande av befolkningsökning, eleffektivisering och konsumtionstrender antas hushållelen öka med 0,8 TWh (2020), 1 TWh (2025) och 1,3 TWh (2030).

**Driftel** som står för 27,9 TWh utgör en sammanslagning av fastighetsel och verksamhetsel. Nationell inventering anger att genomsnittlig driftel för kontors- och förvaltningsbyggnader var 93 kWh/m<sup>2</sup> 2005 (STEM, 2007). Svensk forskning om lågenergikontor visar att driftelen på några års sikt kan mer än halveras till 40 kWh/m<sup>2</sup> vid nybyggnation (Flodberg, 2012). Det finns inga direkta skäl till att andra lokalytor skulle avvika väsentligt från en halveringspotential. Enbart genom energieffektiv förvaltning kan 20 procents effektivisering nås i befintligt bestånd. Verksamhetsel kan reduceras genom förbättrad belysning, utnyttjande av dagsljus och styrning av den mest eleffektiva tekniken samt en hög utbyttestakt av eleffektiv kontorsutrustning. Sådana beslut stimuleras av ekodesigndirektivet och skarpare upphandlingskrav. Dessutom anger EU:s direktiv om byggnaders energiprestanda att nya byggnader ska vara "nära-nollenergibyggnader" från år 2021, vilket åtminstone kan innebära en halvering av mängden driftel. Med liknande krav på befintligt bestånd bidrar omfattande renovering till ytterligare minskad driftel till år 2030. Efter beaktande av befolkningsökning samt eleffektivisering vid nybyggnation, renovering och förvaltning antas att driftel minskar med 0,6 TWh (2020), 1,6 TWh (2025) och 2,1 TWh (2030).

#### **2.2.4 Fjärrvärme och raffinaderier**

Elanvändning i fjärrvärme för drift av värmepumpar och i raffinaderier för framställning av drivmedel står för 4,7 TWh och antas vara oförändrat över tidsperioden.

#### **2.2.5 Överföringsförluster**

En omställning till ett 100 procent förnybart elsystem innebär ökad decentralisering av eltillförseln då mer vind-, sol- och biobaserad produktionskapacitet ansluts till region- och lokalnät nära slutanvändarna. I kombination med kärnkraftens avveckling leder detta till minskad transmission och förluster över långa avstånd, även om storskalig vattenkraft består och stora vindkraftparker ansluts till stamnätet. Nödvändiga förstärkningar och byte av utrustning i stam- och distributionsnät förväntas minska överföringsförlusterna givet att bästa möjliga teknik installeras, t.ex. energieffektiva transformatorer och högspänd likström. Detta antagande stöds bl.a. av de krav som ekodesigndirektivet ställer på transformatorer

och som skärps ytterligare från 2021. Det antas att överföringsförlusterna kan minska från dagens 10,2 TWh med 0,5 TWh (2020), 1,5 TWh (2025) och 2 TWh (2030).

## 3 Solkraft

Det finns goda förutsättningar i Sverige att öka andelen solel i elmixen till en betydande nivå, likt andra länders. Idag utgör solelen 0,1 procent av Sveriges elbehov. Tysklands andel är 7,1 procent, Italiens 8 procent och i Danmark utgör solelen 2,4 procent av landets elbehov (IEA PVPS 2015). Sverige har ett stort antal outnyttjade tak- (och fasad-) ytor som lämpar sig för solenergiinstallationer. Sveriges befolkning har en mycket positiv inställning till solenergi, 8 av 10 ser gärna en solcellsanläggning på sitt tak och 6 av 10 vill vara självförsörjande på solkraft (SIFO, 2013).

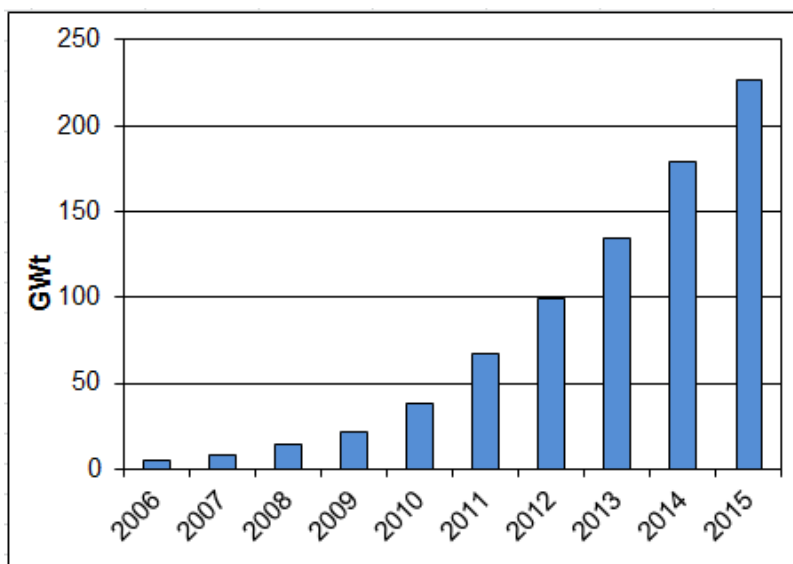
Planeringen för en ökad andel förnybar el behöver påbörjas redan i upprättande av planbestämmelser i kommunernas arbete. En anpassning av byggnadernas placering och planering ger bra förutsättningar för småskalig, urban elproduktion. En mycket större andel solel än dagens kan lösas med ett helhetstänk, som är nödvändigt för att lyckas komma från ett fossil energiberöende. I nybyggnadsprojekt behöver solcellsmoduler och även solfångare få en självklar plats i projekteringen, precis som andra system och installationer som behövs i byggnader.

Solcellsmoduler och solfångare kan ersätta material som takpannor vid renovering eller nyproduktion av byggnader och ersätter på så vis samtidigt även materialkostnader. Placeras de utanpå befintligt tak kan de ses som ett extra väderskydd för byggnaden.

Villor i Sverige har den största potentialen för utbyggnad av solcellsanläggningar i byggnadsbeståndet, men även flerbostadshus öppnar möjligheter för solcellsinstallationer (Wahlström et al., 2012). Drygt hälften av Sveriges flerbostadshus är en del av det så kallade miljonprogrammet som byggdes mellan 1950 och 1975. De flesta av dessa har ett stort renoveringsbehov. En renovering ger ett unikt tillfälle att kombinera ett byggprojekt och en installation av solvärme- eller solelanläggning som integreras i byggnadens klimatskal och/eller energisystem.

### 3.1 Solkraft i världen

Solkraften i världen är på stark uppgång och generering av solel ökar globalt. Priserna för solelanläggningar liksom deras kringutrustning sjunker fortfarande. En liknande marknadsutveckling i Sverige förhindras av styrmedel och skatteregler, men med en politisk vilja med påföljande insatser som banar väg för investerare, kan utvecklingstakten öka även



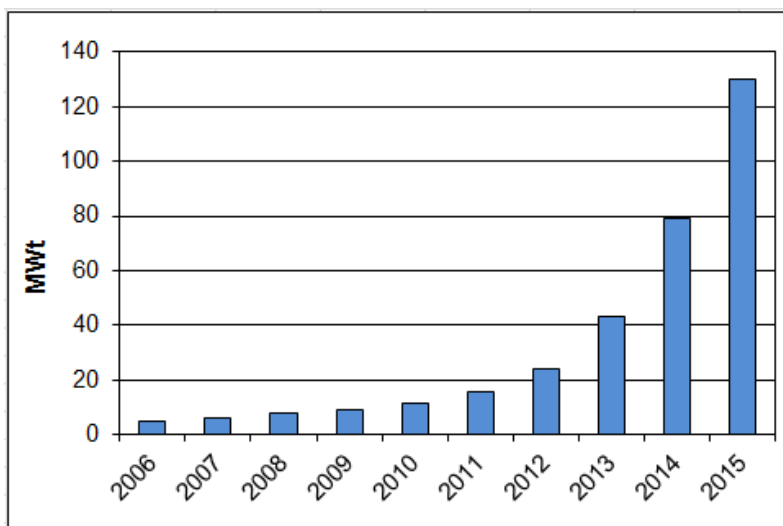
**Figur 3.** Utvecklingen av installerad solkraft i världen (IEA PVPS, 2016a).

här. Globalt fanns det år 2015 en installerad effekt på mer än 227 GW vilket är en ökning med en faktor 50 sedan 10 år tillbaka, se figur 3. År 2015 gav solen från dessa anläggningar motsvarande 1,3 procent av världens elbehov. Länder med mest installerad solkraft i världen är Kina (43,6 GW), Tyskland (39,7 GW), Japan (34,4 GW), USA (25,6 GW) och Italien (18,9 GW) (IEA PVPS, 2016a).

Den globala utbyggnaden av solkraft har skett de senaste 15 åren. Dagens globalt installerade solkraft är 50 gånger större än för 10 år sedan.

I Danmark har utbyggnaden skett snabbt och utvecklingen är starkt kopplad till politiska styrmedel. Totalt hade Danmark fram till år 2015 installerat 783 MW solkraft. Detta motsvarar ca 140 W per person. Den danska Energistyrelsens prognos anger att den danska solelmarknaden kommer växa från dagens 0,8 GW till 1,75 GW år 2020 och 3 GW 2025 (IEA PVPS, 2016b).

I Tyskland formligen exploderade installationen av solkraft efter införandet av inmatningstariff för solen till elnäten för nästan 15 år sedan. År 2004 fick anläggningsägare nästan 60 EURO-cent per kWh som matades in till elnätet. Ersättningsnivån har sedan dess sänkts succesivt och togs år 2012 bort i dess dåvarande form, varpå utbyggnadstakten avstannade. Tysklands mål för nya installationer är idag ca 2,5 GW per år. Styrmedel anpassas efter utvecklingen av marknaden för att uppnå dessa mål. Tyskland har idag knappt



**Figur 4.** Installerade soleanläggningar i Sverige (IEA PVPS 2015a, IEA PVPS 2016a, ).

40 GW installerad solkraft. Detta motsvarar ca 500 W per person. Elen som levereras från dessa anläggningar motsvarar idag 7,1 procent av Tysklands elbehov (IEA PVPS, 2016a).

I Sverige finns cirka 130 MW installerad topp effekt motsvarande 15 W per person (IEA PVPS 2016a). I figur 4 redovisas utbyggnadstakten per år i Sverige de senaste tio åren. Utbyggnadstakten har ökat med 12 procent per år 2005 till 65-85 procent per år de senaste åren.

För att den svenska solelmarknaden ska kunna matcha den globala utvecklingen krävs förändringar och förenklingar av de styrsystem som starkt motverkar en utbyggnad. Sveriges marknad för solenergi behöver långsiktiga system och spelregler. Styrsystem och lagstiftning för kraftfrågor följer delvis fortfarande gamla upplägg, med några få elkraftverk och många mottagare av elleverans. Dagens utveckling mot småskalig elkraft ställer krav på förändring, som behöver genomföras i kraftnäten så väl som i styrsystem och energilagstiftningen. Dagens oklara spelregler motverkar varandra och sätter käppar i hjulen för en hög installationstakt i Sverige. Tillväxten av solkraft i Sverige är liksom i övriga världen beroende av fungerande incitament. Endast 4 procent av världens installationer genomfördes utan subventioner år 2014, även om kostnaden för dessa incitament snabbt sjunker i takt med att priserna sjunker (IEA PVPS 2016b).

Förändringar krävs på flera områden. Ett av dessa berör förflyttning av egenproducerad el. Dagens förordningar kring koncessionspliktiga elnät förhindrar anläggningsägare som har



flera byggnader inom en fastighet att föra över egen solet från en byggnad med bra förutsättningar till andra med mindre bra ytor för soletinstallationer.

Även om en stor potential för utbyggnad av solcellsanläggningar i Sverige ligger på villatak, finns det många fastighetsägare, företag och offentliga instanser med ambitioner inom hållbarhetsarbete och som vill bygga stora och många anläggningar på flerbostadshus och lokaler. Efter halvårsskiftet i år träder en ny lag i kraft som gäller energiskatten. Energiskatten är en konsumtionsskatt och det är slutanvändaren av elektrisk kraft som är skyldig att betala energiskatten. Det innebär att en producent som levererar el in på elnätet för försäljning själv inte betalar någon energiskatt eftersom det är slutkonsumenten som gör det. Det har funnits en viss osäkerhet kring hur energiskatten vid självkonsumtion ska hanteras eftersom det i detta fall är producenten själv som konsumerar elektrisk kraft, även om den aldrig levererats ut på elnätet. De nya reglerna klargör att solet som självkonsumeras av en juridisk person vars totala antal solcellsanläggningar inte överstiger 255 kW blir befriande från energiskatt. Solelen som levereras in på elnätet är således inte befriad från energiskatt i något fall. Energiskatten på egenkonsumerad el påverkar kraftigt de ekonomiska kalkylerna negativt för soletanläggningar. I och med att gränsen inte gäller per anläggning utan för det totala beståndet som ägs av en juridisk person har det inneburit att många stora fastighetsägare har slutat investera i solcellsanläggningar eftersom de redan byggt solcellsanläggningar som tillsammans nått upp till gränsen på 255 kW.

Hur den solelen som genereras och självkonsumeras ska mätas och rapporteras till Skatteverket är ännu inte utrett. Eftersom det särskilt är stora soletanläggningar som ger de bästa ekonomiska kalkylerna och eftersom det finns aktörer som äger ett stort antal fastigheter är lagen ett hinder för en ökad utbyggnad av kostnadseffektiv solkraft inom byggnadsbeståndet i Sverige.

### **3.2 Inmatningstariffer och nettodebitering**

Inmatningstariffer för solet har med framgång införts i andra länder och har öppnat för en stark expansion av solkraft. Anläggningsägare får vid dessa stödsystem, under en bestämd tid och med en bestämd nivå, ersättning för den el som matas in på elnätet. Ett sådant system ger tydliga besked och enkla värden att använda för de som räknar på den ekonomiska vinsten. Inmatningstariffer har ännu inte utretts i Sverige. Däremot har svenska utredningar på regeringsnivå angående möjligheter till nettodebitering av solet resulterat i

att ett sådant system strider mot EU-rätt. Istället infördes ett system som ger en solesproducent skattereduktion på inkomstkatten. Denna skattereduktion kan ses som en variant av inmatningstariff. Anlättningsägare får påföljande år dra av 60 öre från inkomstkatten per inmatad kWh till elnätet. Systemet är begränsat till att ersättning betalas ut för maximalt 30 MWh per år samt att den mängd som ersättningen ges för, inte får vara mer än det som köpts in i samma anslutningspunkt under ett år. Längden för stödsystem är ovisst, men ska utvärderas efter (minst) två år efter införandet den 1 januari 2015. Detta medför en osäkerhet vid investeringsbeslut. Härtill upplever branschen en för svag koppling och en onödig fördröjning mellan ersättning och elproduktion och har förslagit att ersättningen kopplas till energiskatten på elfakturan, som därmed kan regleras påföljande månad.

Branschen anar viss politisk vilja och engagemang i solenergiområdet. Regeringen har kraftigt ökat investeringsstödet för solesanläggningar då man i höstbudgeten 2015 aviserade regeringen ökade satsningar på solkraft med 225 Mkr i år och därefter 390 Mkr varje år 2017-2019. Man har också tagit fram ett lagförslag som om det genomförs innebär att en privatperson slipper momsregistrera sig för att få sälja sin överskottsel. Denna ordning innebär inte några ekonomiska förändringar för varken staten eller solcellsägaren. Dock medför det en lägre administrativ börda för alla iblandade.

Förutom det statliga investeringsstödet och skattereduktionen, kan en anlätningsägare även få en extra ersättning genom elcertifikatsystemet. Ersättningen genom detta stöd är begränsat till 15 år per anläggning och nivån beror på marknaden för handel med elcertifikaten. Dock har elcertifikatsystemet hittills spelat en mindre roll i utbyggnaden av soles eftersom det är ungefär bara en tredjedel av Sveriges totala installerade solcellseffekt som har sökt och blivit godkänd för tilldelning av elcertifikat.

Sammantaget behövs ett krafttag med att åstadkomma ett samspel mellan de system och regelverk som berör dem som investerar i solkraft. Om de delar i lagstiftningen som hindrar en utbyggnad tas bort och en långsiktighet stödsystem införs finns det troligen utrymme att över tid sänka stödnivåerna. Energimyndigheten tar på uppdrag av regeringen fram ett förslag till strategi för ökad användning av soles. I våras publicerades delredovisningen från denna pågående utredning men som mest innehåller informationsinsatser. Branschen har

stora förhoppningar på att utredningen mynnar i förslag som samordnar de olika stöden och att den ska resultera i en strategi som verkligen ger en ökad användning av solen.

### 3.3 Inventering av fasadytor

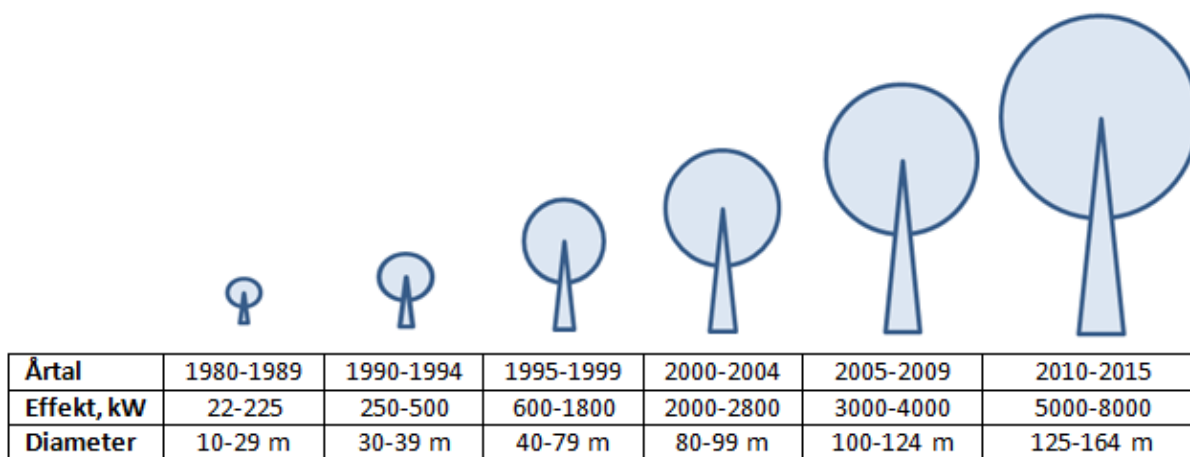
Baserat på en potentialstudie har uppskattningar gjorts för att bedöma storleken på byggnadsytor som är lämpliga för solenergiinstallationer (Kjellsson, 2010). Från underlaget i potentialstudien togs potentialberäkningar fram inom ett projekt finansierat av Energimyndigheten (Wahlström et al., 2012). Projektet redovisade en potential för solenergisystem i den bebyggda miljön på en byggnadsyta på 400 miljoner m<sup>2</sup>. Av denna yta var 330 miljoner m<sup>2</sup> takyta och 70 miljoner m<sup>2</sup> fasadyta.

I Sveriges finns 130 MW solen installerat. Det motsvarar en solcellsytta på ca 910 000 m<sup>2</sup>. De allra flesta solcellsanläggningar i Sverige är monterade på tak. Antalet markanläggningar är cirka 10 och de har en ungefärlig total effekt på 2 MW. Den ungefärliga hittills installerade solcellsytan är ca 0,2 procent av den takyta som uppskattats ha bra förutsättningar för solenergiutbyte. Med dagens verkningsgrader för solceller och en viss ökning ger dessa identifierade byggnadsytor cirka 48 TWh/år. Detta värde återspeglar alltså den teoretiska potential som kan uppnås, om all tillgänglig yta användes för installationer. Totalt antal installationer motsvarande generering av denna storleksordning har med råge rum i de scenarier som tagits fram för 100 procent förnybar el i Sverige år 2020, 2025 och 2030. Solen spelar en viktig roll i framtidens 100 procent förnybara el-samhälle.

### 3.4 Energimyndighetens HEFTIG

En nyligen publicerad fallstudie som gjorts på uppdrag av Energimyndigheten presenterar det beräkningsprogram ("HEFTIG") som utvecklats inom samma projekt (Energimyndigheten, 2016a). Programvaran har som syfte att användas för att simulera resultatet av energieffektivisering genom åtgärder i bebyggelsen. Resultat från de presenterade HEFTIG-beräkningarna för solelpotential gavs för två scenarier. Ett scenario visar hur mycket solen som kan genereras om samtliga tillgängliga och för solenergi passande takytor för villor, flerbostadshus och lokaler används för solcellsinstallationer. Det andra beräkningsfallet redogjorde för ett scenario där 25 procent av samtliga tillgängliga och passande takytor används för solelanläggningar. Utbyggnadstakten har i detta projekt antagits följa de senaste årens med upp till 100 procent per år under det första året, för att sedan avta succesivt.

Resultat för fallet där samtliga tak används är att år 2030 genererar solelanläggningar i Sverige 9,3 TWh/år och årligen 19,5 TWh år 2050. Beräkningsfallet där 25 procent av gynnsamma takytor används ger ett solel-tillskott på 3,6 TWh år 2030 och 7,6 TWh år 2050 (Energimyndigheten, 2016). Resultaten från denna studie skiljer sig från beräkningsfallet ovan, då typer av byggnader skiljer sig åt mellan studierna. Beräkningarna visar i båda fallen att potentialen för ytor i byggnadsbeståndet är stor och att den inte är begränsande för en stark utbyggnad av solenergianläggningar.



**Figur 5.** Effekter och rotordiametrar för vindkraftverk som introducerats vid olika tidsperioder (Sidén, 2015). Vindkraftverken växer.

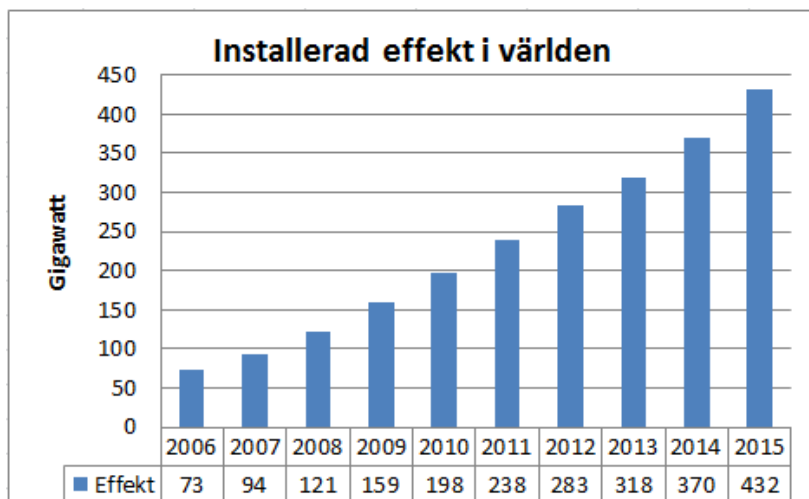
## 4 Vindkraft

Den moderna vindkrafttekniken, med vindkraftverk som producerar energi som matas direkt in i elnäten föddes i Danmark. I Gedser på den danska ön Falster restes ett verk 1956.

Gedsermöllan hade effekten 200 kW och vingdiametern var 24 meter. Verket fungerade nästan lika bra som senare tiders verk. De låga priserna på olja och elenergi på 60-talet gjorde emellertid att verket blev olönsamt och togs ur drift. I slutet av sjuttioalet ville flera danska företag börja fabrikstillverka vindkraftverk. Ett var företaget Vestas som tillverkade lantbruksmaskiner. De första vindkraftverken, med effekten 15 kW eller 55 kW, lämnade fabriken 1979. Figur 5 visar hur storleken på verken ökat sen dess. Det har kommit en ny generation med dubbelt så stora verk inom 2-4 år.

Danmark är det land i världen som har högst andel vindkraft. År 2015 svarade den för 42 procent av elbehovet i Danmark. Det närliggande målet är att 2020 ska andelen öka till 50 procent.

De flesta danskarna är positiva till mer vindkraft. I en studie 2015 av analysinstitutet Megafon uppgav 85 procent att de ansåg att vindkraft är den energiform Danmark bör eftersträva att bygga ut. Vindkraft låg strax över solkraften i popularitet. Det är också intressant att notera, att undersökningar i Danmark visar att personer som bor nära och dagligen ser vindkraft är mest positiva.



**Figur 6.** Ackumulerad installerad vindkraft i världen (GWEC, 2016).

## 4.1 Vindkraft i världen

I världen har vindkraften genomgått en kraftig expansion under de senaste åren. Figur 6 visar de ackumulerade installationerna av vindkraft, som vid slutet av 2015 var 432 GW.

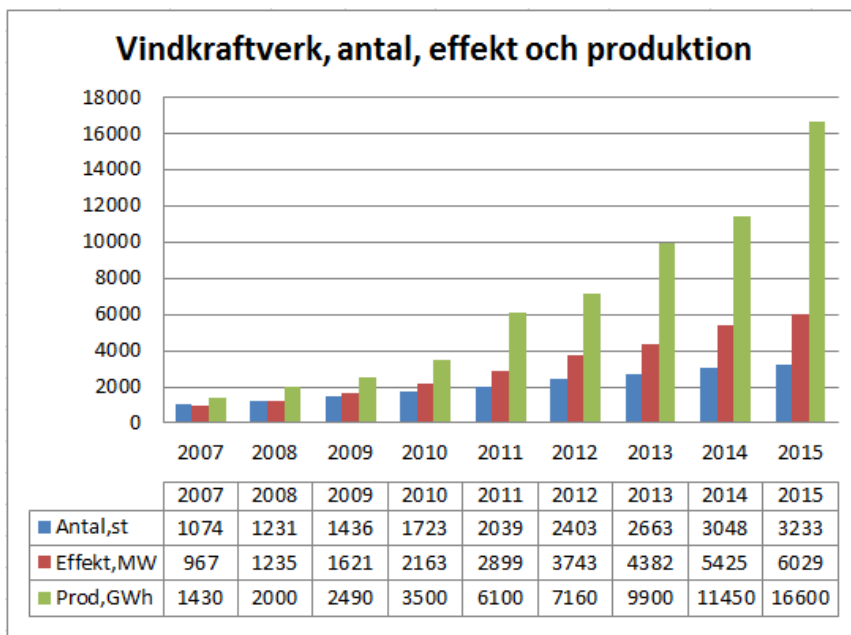
Den ger ungefär fyra procent av världens elbehov. Under de senaste 10 åren har vindkraften i genomsnitt ökat med drygt 22 procent per år.

Under en tioårsperiod har vindkraften sjudubblats. Kina, Tyskland, USA, Brasilien och Indien har högst utbyggnadstakt. Tillsammans svar dessa länder för 72 procent av utbyggnaden.

Europeiska vindkraftorganisationen EWEA publicerade 2014 en prognos, om att vindkraften kommer att svara för 15 procent (varav 2,9 procent från off-shore) av EU:s tillförsel av elenergi år 2020.

## 4.2 Vindkraft i Sverige

I Sverige byggdes de första nätanslutna vindkraftverken 1983. I slutet av 1980-talet var de aktuella storlekarna 150 och 225 kW. De flesta verk som reses idag har effekten 2–4 MW och rotordiametern 70–130 meter. Totalt finns i Sverige över 3 200 verk med en sammanlagd effekt på 6 000 MW (december 2015). Nyinstallationerna av vindkraft under år 2014 var rekordstora. Vindkraften ökade med totalt 1 043 MW. Låga priser på elenergi och elcertifikat ledde till att nyinstallationerna blev färre under 2015, men verken producerade bra under året, tack var goda vindar. Det blev 16,6 TWh eller 12 procent av vår elkonsumtion.



**Figur 7.** Utvecklingen av vindkraft i Sverige. Installerad effekt har sexdubblats på 8 år (Svensk Vindenergi, 2016).

Den tidigaste utbyggnaden av vindkraft i Sverige bestod av enstaka aggregat eller mindre grupper på land i kustnära områden. De senaste åren har karaktären på utbyggnaden ändrats. Det har byggts många stora parker även på land. Flera parker har byggts i skogsområden och fjällnära områden. En bakgrund till att större områden blev intressanta för vindkraft är den vindkartering, MIUU-modellen, som utvecklats vid Uppsala universitet. Den har visat att man kan idka vindbruk i bl.a nästan hela Götaland, även i skogsområden, och i stora delar av Svealand och Norrland.

De allt högre verken, som nu reses, har också bidragit att produktionen blir större i skogsområden. När hela rotorn är klart över de högsta träden blir trädens bromsande effekt mindre och man kan erhålla en acceptabel produktion.

### 4.3 Vindkraft till havs

Ett huvudskäl till att bygga vindkraft till havs i stället för på land är de stora outnyttjade ytor som finns till havs. Det är främst relativt grunda områden, med havsdjup upp till 30 meter, som är mest lämpliga.

Sverige var pionjärland för vindkraft till havs. Det första verket var ett 220 kW-verk som byggdes 1990 i Nordersund i Blekinge.

Havsbase installerade installationer har trots stora ökningarna de senaste åren endast drygt 2 procent av de totala installationerna av vindkraft i världen. I Europa är andelen högre, 6,7 procent, och i Danmark svarar offshore vindkraft för ungefär en tredjedel av produktionen

(Sidén, 2015, WindEurope, 2016 . Främsta orsaken till att andelen är så begränsad är att det är dyrare att bygga vindkraft till havs. Man brukar ange att det kostar mellan 50 och 100 procent mer per kWh/år att bygga offshore (Ecofys, 2014, Elforsk, 2014). Kring Sveriges kuster har dock två av Europas billigaste parker byggts, Lillgrund och Kårehamn.

I Sverige finns många planer på ytterligare vindkraftparker till havs. Åtta parker, med en beräknad kapacitet för att producera cirka 8 TWh, har alla tillstånd klara och är alltså färdiga att bygga. Det har diskuterats om det ska införas ett nytt stöd för vindkraft till havs. Syftet skulle vara att ge industriell erfarenhet som resulterar i lägre kostnader och därmed öppnar en stor potential för billig elproduktion runt Sveriges kuster. Vindkraftbranschen har länge bett om det. Energiministern har uttalat sig positivt, men än vet vi inte hur det ska utformas eller hur stort det blir.

#### **4.4 Potential för utbyggnad**

Riksdagen har beslutat om en planeringsram för vindkraft i Sverige. År 2020 ska det finnas förutsättningar för 30 TWh årlig produktion av vindel, varav 20 TWh på land och 10 TWh till havs. Beslutet är ingen plan för utbyggnad utan avser att ge förutsättningar för så stor utbyggnad, om det finns intressenter som vill bygga.

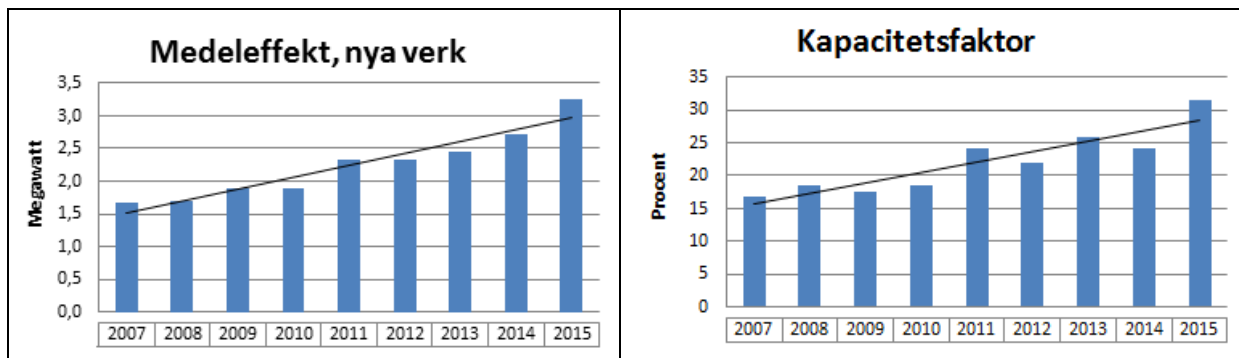
Kommunerna i Sverige har, med stöd från Boverket, inventerat lämpliga platser för vindkraft. Cirka 200 kommuner har presenterat vindkraftplaner. I dessa finns nu plats för mer än 100 TWh vindkraft, vilket är mer än tre gånger planeringsramen. Det betyder också att man kan ta stor hänsyn till miljöpåverkan, lokala opinioner och andra förutsättningar som till exempel vindtillgångar vid den fortsatta utbyggnaden. Kontroversiella eller av andra skäl olämpliga områden kan lämnas orörda.

En annan viktig fråga är hur mycket vindkraft som kan anslutas till de svenska elnäten. Professor Lennart Söder, KTH, har i rapporten "På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige" visat att Sverige kan ansluta 60 TWh förnybar energi, vind- och solkraft utan större utbyggnad av elnäten (Söder, 2014).

Figur 8 visar utvecklingen för antalet verk, installerad effekt och producerad elenergi för åren 2007-2015. Ökningen har i genomsnitt varit 27 procent per år under perioden.

De fem senaste åren har också kapacitetsfaktorn i medeltal ökat med 1,5 procent per år. Kapacitetsfaktorn anger hur stor produktionen varit i genomsnitt av den installerade effekten hos verken. Ökningen beror främst på att det installeras allt större och högre verk,





**Figur 8.** Medeleffekt och kapacitetsfaktor för vindkraftverk som installerats 2007-2015. Kapacitetsfaktorn anger hur stor andel medelproduktionen varit av den största möjliga produktionen (Egna beräkningar med data från Svensk Vindenergi).

se figur 8. På de åtta åren har medeleffekten ökat från ca 1,7 till 3,3 MW. År 2015 var kapacitetsfaktorn 31 procent men ett normalt vindår skulle den blivit 28 procent.

I avsnittet "Tre scenarier" visas olika prognoser för utbyggnaden av vindkraft. Produktionen från vindkraft ökar till 43 TWh, vilket är över vindkraftens planeringsram.

## 5 Bioenergi

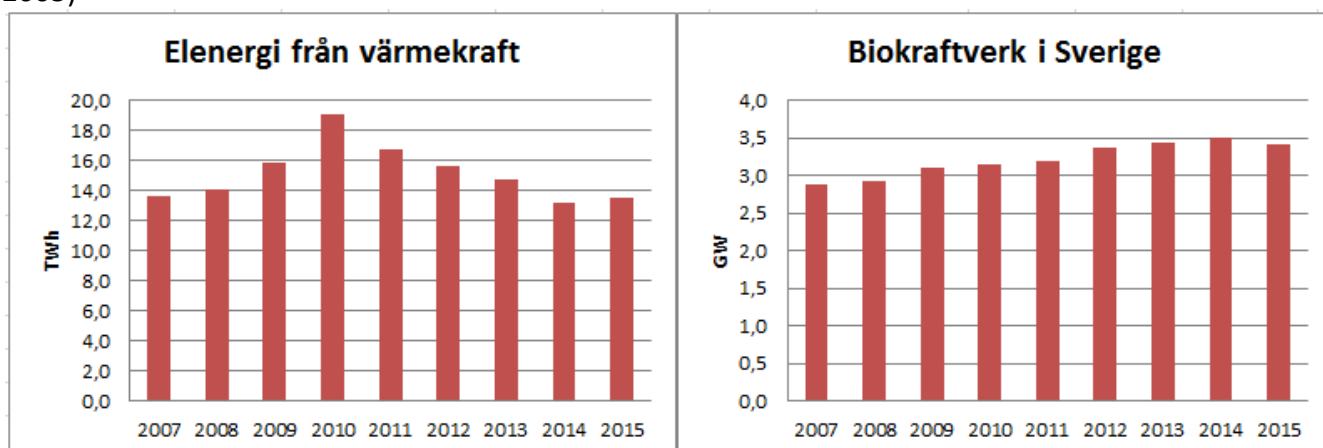
Huvudsakligen produceras elenergi från bioenergi i förbränningsanläggningar avsedda för kraftvärme. Med kraftvärmeproduktionen menas anläggningar som i samband med värmeproduktion för fjärrvärme även producerar och levererar elenergi. Men även flera större industrier med behov av hetvatten eller ånga producerar elenergi för avsalu.

Värmekraften hade en topp på drygt 19 TWh år 2010, figur 9. År 2015 gav bioenergin 11 TWh av en total produktion av värmekraft på 13,5 TWh. Biobränslen svarade alltså för 81 procent och fossila bränslen för 19 procent. De senaste åren har elpriserna varit så låga att värmeproduktionen prioriterats i många kraftvärmeverk (figur 9).

Det finns också en betydande andel fristående värmeverk för fjärrvärme som kan utrustas för elproduktion. Enligt beräkningar utgående från officiell statistik (SCB, 2016b) över bränsleförbrukning varierade potentialen för elproduktion mellan 2,5 och 3,9 TWh för åren 2009-2014.

Den rimliga mängden elproduktion bedöms översiktligt även av professor Sven Werner (Werner, 2016) vara mellan 2 till 4 TWh om Sveriges värmepannor konverteras till kraftvärmepannor.

Således är ytterligare en elproduktion av 5 TWh inte ett orimligt tillskott, utan fullt realistiskt ifall befintliga fristående värmeverk konverteras till kraftvärme. Det finns ett stort antal pannor avsedda för enbart värmeproduktion. Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2005)



**Figur 9.** Diagrammen visar den totala elenergin från kraftvärme i Sverige samt hur stor effekt de biobränsleeldade verken har (Energimyndigheten, 2014 och Svensk Energi, 2016).

uppskattar totala antalet pannor för fjärrvärmeproduktion till 3 500 stycken, varav cirka 2 000 stycken är små i storleksordningen 1-5 MW. De minsta pannorna kanske inte är lönsamma att konvertera till kraftvärme, de större effekterna är troligtvis lämpligare. Att bygga om dessa pannor fram till år 2020 för att uppnå 5 TWh elproduktion kräver betydande insatser och prioriteringar, ett lugnare tempo är fram till år 2025 eller år 2030.

I en EU-rapport (CODE2, 2014) poängteras betydelsen av en effektiv kraftvärmeproduktion jämfört med att bara producera värme. Genom att öka andel kraftvärme på bekostnad av enkla värmepannor samt öka andelen elproduktion i förhållande till värmeproduktionen på befintliga pannor kan andelen elenergi från kraftvärme ökas från 16 till 40 TWh per år.

I rapporten (CODE2, 2014) förs fram några hinder som har motverkat en satsning på kraftvärme. Ett hinder är kostnaden för bioenergi jämfört med andra bränslen. Detta hinder kan statsmakterna utjämna genom skatter och avgifter på mindre miljövänlig elproduktion. Med låga elpriser är det inte lönsamt att investera i elproduktion från förnybara energikällor, vilket diskuteras i en skrift med fyra framtidsscenarioer från energimyndigheten (Energimyndigheten, 2016b). Bioenergins betydelse som råvara i framtida kemisk industri gör också att kostnaden för bioenergi hålls uppe och användningen som bränsle begränsas.

Potentialen med fullt utbyggd kraftvärme är betydande. I rapporten (CODE2, 2014) presenteras några beräkningar som visas i tabell 4.

En utvecklad elproduktion från bioenergi bygger främst på samproduktion med fjärrvärme eller industriell kraftvärme. Men ska man uppnå 100 procent förnybar energi finns det också behov att utnyttja bioenergin för reglerkraft. Det går att bygga biokraftverk som kan startas upp för enbart elproduktion, och som kan ingå i effektreserven och ersätta

**Tabell 4.** Utvecklingen hittills och framtida potential för el från kraftvärme i Sverige (CODE2, 2014).

TWh (avrundat)	2005 (SEA)	2011 (SEA)	2020 (ÖPWC)	2025 (ÖPWC)	2030 (CODE2)
Fjärrvärme	5	11	17	20	20
Industriell kraftvärme	5	6	10-15	15	19
Små och mikro kraftvärmeverk	-	-	1	1	1
<b>Totalt</b>	<b>10</b>	<b>16,5</b>	<b>28-33</b>	<b>36</b>	<b>40</b>

fossilkraft. Genom mer möjligheter till lagring av varmvatten i kraftvärmesystem från sommarens kraftvärmeproduktion till vinterns värmebehov kan också produktionen bli mer flexibel och öka bioenergins värde för kraftbalansen. Överskott av elproduktion, från till exempel vindkraft, kan också lagras som värme i dessa reservoarer.

## 6 Elnätet och effektreserver

Fördelarna med en ökad andel förnybar elproduktion från bland annat solceller, kraftvärme och i viss mån vindkraft är att dessa energikällor är distribuerade och belägna i södra delen av vårt land. Kraftvärmens är belägen vid stora befolkningscentra och solceller kan placeras på byggnader. Det medför att kraven på ledningar för kraftöverföring från avlägset belägna produktionsställen minskar.

Å andra sidan ökar kravet på bättre förbindelser med våra grannländer för att kunna köpa eller sälja elenergi vid god tillgång eller bristsituationer. Elenergi är färskvara som inte kan lagras i elnätet, den produceras och konsumeras i samma ögonblick. Med en nordeuropeisk elmarknad stabiliseras också elpriserna på en troligtvis högre nivå, vilket kommer att stimulera ytterligare investeringar i förnybar elproduktion förutom fördelen att kunna utjämna elenergibehovet i bristsituationer.

Naturligtvis skall de nya kraftledningar som behövs för en bättre sammankopplad nordeuropeisk elmarknad byggas med ny, modern teknik som styrbar modern HVDC och kabel i mark. Luftledningar och annan föråldrad teknik med stort miljöintrång skall inte användas.

I en rapport från KTH har professor Lennart Söder undersökt nätets förmåga att klara en elförsörjning baserad på enbart förnybar el (Söder, 2014). I rapporten identifieras de trånga sektorer som finns i vårt elnät samt behovet av effektreserver. Söders slutsats är att ur ett elnätsperspektiv är 100 procent förnybar elproduktion helt möjligt. Ett avgörande skäl till detta är Sveriges stora vattenkrafttillgångar, vilka används för utjämning och reglering.

En aspekt som Söder också behandlar i sin rapport är behovet av effektreserv. Söder nämner att Svenska Kraftnät varje vinter upphandlar en effektreserv på 1 750 MW. Det kan vara både kraftverk som kan startas på kort varsel men också större konsumenter som avstår från konsumtion vid bristsituationer. I det svenska elnätet varierar effekten mellan den högsta möjliga konsumtionen 26 174 MW och sjunker aldrig under 8 884 MW. Så redan nu varierar effektuttaget ur nätet kraftigt vilket visar på nätets reglerförmåga.

Söder hävdar också att "Ett viktigt budskap är att man förstår att elförbrukningen i Sverige varierar betydligt mer från timme till timme än, t.ex. 12 000 MW vindkraft".

Förnybar energi ställer således inte större krav på elnätet än vad som nu ställs med den varierande elförbrukning som redan finns.

## 7 Kostnader och externa kostnader

Vid en omställning av elproduktionen till förnybar energi är naturligtvis kostnaden för den nya produktionen viktig. De förnybara energislagen har haft sjunkande kostnader de senaste åren.

I en prognos från Elforsk (tabell 5) beräknas kostnaden för ny elproduktion i Sverige. Landbaserad vindkraft är billigare än alla andra nu aktuella typer av produktion av elenergi utom kolkraft och storskalig vattenkraft.

För EU-kommissionens räkning har konsultföretaget Ecofys gjort en rapport som ger ungefär samma resultat. Rapporten "Subsidies and costs of EU energy" behandlar också de externa kostnaderna för elproduktionen. Externa kostnader är kostnader som inte betalas direkt utan uppstår som bieffekter vid framtagning av bränslen och anläggningar samt vid drift och underhåll.

De tre största faktorerna som ger externa kostnader är klimatförändringen, som står för ungefär hälften av kostnaden. Utarmning av begränsade naturliga resurser står för 22 procent, och partikelbildning i miljön utgör 15 procent. De återstående 13 procenten inkluderar användning av jordbruksmark, förbrukning av vatten och metaller, giftspridning i ekosystemen, strålning, försurning och övergödning. De totala externa kostnaderna år 2012 beräknades uppgå till cirka 200 miljarder € inom EU.

**Tabell 5.** Kostnader (medelvärden) och externa kostnader för ny elproduktion inom EU. (Ecofys, 2014) Tabellen visar också kostnader för ny elproduktion i Sverige med kommersiella tekniker (kalkylränta 6 procent) utan styrmedel. ( Elforsk, 2014).

<b>Teknikslag</b>	<b>Kostnad (Ecofys) (öre/kWh)</b>	<b>Extern kostnad (Ekofys) (öre/kWh)</b>	<b>Total kostnad (Ekofys) (öre/kWh)</b>	<b>Kostnad Sverige (Elforsk) (öre/kWh)</b>
Kolkondens	69	89	158	43
Naturgas	88	32	120	
Naturgas, kraftvärme				53-61
Kärnkraft	92	17	109	54
Biokraft	114	17	131	
Biokraft, kraftvärme		17		44-103
Solceller, tak	95	13	108	126-170
Solceller, park	105	13	118	93
Vindkraft, land	75	4	79	51
Vindkraft, hav	116	2	118	75-79
Vattenkraft	27-38	1	28-39	46-56
Geotermisk kraft	62	9	71	

Kostnaderna för vattenkraft och geotermisk kraft är lägst. Vindkraft på land och kolkraft ligger på ungefär samma nivå. Båda är billigare än naturgaskraft och kärnkraft. För biokraft har man räknat med kondenskraftverk, varför bränslekostnaderna får stort genomslag. I Sverige produceras biokraft i kombikraftverk där energiutbytet är mycket större, vilket ger lägre kostnad för elenergin.

I båda rapporterna ligger solceller på en avsevärt högre kostnad. Här får det genomslag att Ecofys beräkningar är från 2012 och Elforsks från 2014. Priset på solceller har sjunkit avsevärt de senaste åren.

När de externa kostnaderna inkluderas, ökar den förnybara energins konkurrenskraft. Vattenkraft och vindkraft har de lägsta externa kostnaderna och fossilkraften ligger högst. Även el från takplacerade solceller är billigare än fossila kraftslag och kärnkraft.

## **7.1 Aktuellt exempel vindkraft**

Statkraft, det norska statliga elbolaget och två partnerbolag har just meddelat att de ska bygga Europas största vindkraftpark på Fosenhalvön och i Snillfjord i mellersta Norge (Fosna-Folket, 2016). De 278 verken ska årligen ge 3,4 TWh (som en mindre kärnreaktor). Projektet ska kosta 11 miljarder kronor. Två tredjedelar av kostnaden är för vindkraftverken, och resterande del går till vägar mm. Med 6 procent realränta och 20 års avskrivningstid blir kapitalkostnaden för energin 28 öre per kWh. Till detta kommer cirka 8 öre för service och underhåll samt 2 öre för reglerkraft, totalt 38 öre per kWh. Norges lagringsmöjligheter är 84 TWh i vattenkraftens dammar, varför integrering av ytterligare vindkraft i elsystemet är oproblematiskt.

## **7.2 Aktuellt exempel solcellspark**

En nyhetsartikel från Bloomberg Energy News i maj 2016 har rubriken "New Record Set for World's Cheapest Solar". Artikeln rapporterar om det hittills billigaste antagna anbudet för storskalig solkraft. Priset är 34 procent lägre än för el från ett nytt kolkraftverk (Bloomberg, 2016).

Det statliga kraftföretaget Dubai Electricity & Water Authority i Förenade Arabemiraten ska bygga en ny solcellspark på 800 MW. Upphandlingen skedde genom ett anbuds förfarande där 5 företag lämnade anbud. Det vinnande anbudet låg på 2,99 US-cent



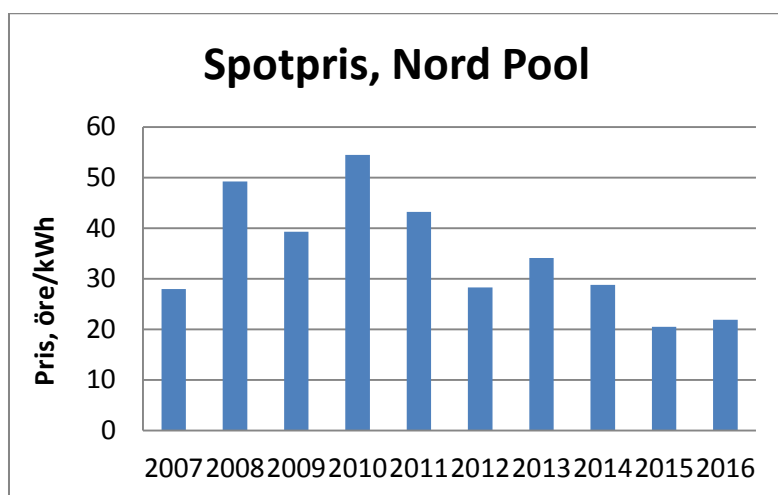
per kWh elenergi levererad till elnätet. Omräknat till svensk valuta blir kostnaden 25 öre/kWh .

Solinstrålningen i Dubai är större än i Sverige. Med planeringsverktyget PV-GIS skulle en solcellsanläggning på 1 kW ge 1760 kWh per år i Dubai och 1030 kWh per år i Stockholm. Solceller ger alltså 71 procent mer i Dubai. För svensk förhållanden skulle anläggningen producera elenergi för 42 öre/kWh.

Senaste investeringar i stora solcellsparkar i Sverige har visat priser på knappt under 10 000 kr/kW. Detta visar på att trenden med sjunkande priser fortsätter. Analyser från tyska forskningsinstitutet Fraunhofer ISE redovisar att reduktionen av priser på solcellsmoduler i världen inte kommer avstanna än på några år (Agora, 2015). Studien redovisar uppskattningar på att solkraft kommer kunna producera el till lägst kostnad i flera regioner i världen framöver. Dessa resultat baseras på en historisk lärokurva som visar att vid varje dubblering av producerade solcellsmoduler har priset för modulerna sjunkit med 20 procent. Expertutlåtanden och diskussioner gav två scenarier på prisutveckling för den Europeiska marknaden. Det pessimistiska scenariot från analyserna ger framtida priser på 2 500-3 300 kr/kW (270-360 EUR/kW) och det optimistiska scenariot redovisar priset på 1 300 – 2 000 kr/kW (140-210 EUR/kW) till år 2050. Samma studie redovisar analysresultat på solelpriser för år 2025 och 2050 på 47 öre/kWh (4-6 ct/kWh) respektive 28 öre/kWh (2-4 cent/kWh). Dessa priser är en tredjedel av dagens solelpriser. Det är huvudsakligen en framtida ökning av modulverkningsgraden som bidrar till ett lägre pris för producerad solel. I områden med mer solinstrålning än Europa blir priset på solel följaktligen ännu lägre.

### **7.3 Aktuellt exempel takplacerade solceller**

Även kostnaden för takmonterade solcellsanläggningar i Sverige har kraftigt sjunkit i pris. Sedan år 2010 har priset för en mindre anläggning (under 20 kW) gått från knappt 60 000 kr/kW till 14 000 kr/kW (DN, 2016). Beroende på antaganden i ekonomiska kalkyler såsom kalkylränta, tekniska livslängder och andel egenanvändning av solelen är kostnader för producerad solel cirka 1 kr/kWh.



**Figur 10.** Det genomsnittliga spotpriset för Sverige på elbörsen Nord Pool. Priset efter november 2011 gäller prisområde 3 i Sverige. Priset för 2016 är genomsnittet för månaderna januari -maj (Bixia, 2016).

## 7.4 Priset på el

Ett normalt elpris är det pris som baseras på vad produktionen kostar per kWh för genomsnittet i elmixen, självkostnadspriset, med ett påslag för en skälig vinst för producenten.

Sedan den 1996 är den svenska elmarknaden avreglerad. Det betyder att man kan köpa el från vilken elhandlare man vill och att elhandelsföretagen kan sälja över hela landet. Idén bakom detta är att konkurrensen ska leda till lägre priser.

Idag finns en gemensam elmarknad för de skandinaviska och baltiska länderna. Stor inverkan på det elpris vi betalar för vår el är spotpriset, som sätts på elbörsen Nord Pool i Oslo, se figur 10. Priset sätts timme för timme och bestäms av tillgång och efterfrågan på elenergi. Priset blir högre på dagen då många industrier är igång och förbrukar el och lägre på kvällen och natten då efterfrågan dalar.

Spotpriset styrs också av väder, vilket innebär att vi får lägre spotpriser vid mildt väder, medan kallt väder leder till högre spotpriser. Eftersom vinden påverkar hur mycket el vindkraften ger, styrs spotpriset även av hur starka vindarna är. Stor nederbörd i framförallt norra Sverige som fyller de stora vattenmagasinen ger också lägre elpriser.

De senaste åren har det byggts ut allt mer vindkraft samtidigt som efterfrågan på elenergi minskat. Det har pressat priserna till allt lägre nivåer. Idag ligger priset på en nivå under det självkostnadspriset. I stället för vinster får många producenter sälja sin el med förlust.

Det största svenska elföretaget, statliga Vattenfall, gjorde 2015 en förlust på 20 miljarder kronor. Förlusten orsakades delvis på grund av avskrivningar på kärnkraft och fossilkraft men sambandet med det låga elpriset, se figur 10, är mycket tydlig. Året 2010 var Vattenfalls vinst 30 miljarder kronor. Även andra stora kraftföretag på den nordiska marknaden gjorde stora förluster 2015. Danska Dong förlorade på 15 miljarder svenska kronor och E.ON:s förlust var 68 miljarder svenska kronor under året (Naturlig Energi, 2016).

Vi har uppenbarligen en marknad som inte är i balans. Förutsättningarna för att bygga ut ny kraftproduktion är att man kan räkna med att elpriset de kommande åren blir normalt, d.v.s. i närheten av vad ny kraftproduktion kostar med ett rimligt vinstpåslag.

## 8 Tre scenarier

### 8.1 Femårsscenario

Tabell 6. Så uppnås 100 procent förnybar elproduktion till år 2020.

Scenario 1 - 100 % förnybart 2020							Procent förnybart
TWh	Vattenkraft	Vindkraft	Biokraft	Solkraft	Förnyb.	Behov	
2016	67	18	16	0,2	101	138	73
2017	67	22	17	0,4	107	137	78
2018	67	27	18	1	113	136	83
2019	67	33	19	2	121	135	90
2020	67	43	20	4	134	134	100

#### 8.1.1 Effektivisering och minskad elanvändning

Under perioden 2006–2015 minskade Sveriges elanvändning med cirka 1 TWh per år, en trend som antas fortsätta under femårsperioden. Tidigare avsnitt visar hur detta möjliggörs. Svag efterfrågan på vissa produkter, strukturomvandling och ökad eleffektivisering gör att flera elintensiva branscher – främst massa- och pappersindustrin samt järn-, stål- och metallverk – antas minska elanvändningen till år 2020. Inom bostäder och service minskar behovet av elvärme betydligt medan hushållselen ökar svagt. Viss elektrifiering av transportsektorn får en obetydlig påverkan på elanvändning till år 2020.

#### 8.1.2 Solkraft

Det krävs en stark ökning av utbyggnadstakten av solelanläggningar de kommande fyra åren. De tre senaste åren har utbyggnadstakten varit mellan 65 och 85 procent. Utbyggnadstakten behöver vara 100 procent per år under perioden. Men marknaden i Sverige utgår från en låg nivå. Först efter fem år kan den andel solel som Danmark har idag överträffas. Takten på utbyggnad kan jämföras med de länder, där det införts nettodebitering eller inmatningstariffer. Marknaderna i till exempel Tyskland, Italien, Spanien och Nederländerna har tydligt svarat med en ökning av installationer på införandet av styrsystem (IEA PVPS, 2015b). För en implementering av denna utbyggnadstakt krävs att de politiska styrmedlen läggs om så att de gynnar och banar väg för nödvändiga investeringsbeslut inom solsektorn.

#### 8.1.3 Vindkraft

Vi har utgått från normalårsproduktionen 2015 samt räknat med 18 procent nyinstallerad effekt per år och en ökad kapacitetsfaktor på 1 procent per år. Den föregående

nioårsperioden ökade de årliga installationerna med 27 procent och kapacitetsfaktorn med 1,5 procent, varför kraven verkar möjliga att uppnå. Förutom landsbaserad vindkraft finns också flera parker till havs med tillstånd klara eller nästan klara. Någon skulle kunna byggas på ett par år. Vi räknar med att ny havsbaserad vindkraft kan ge ett tillskott på 3 TWh 2020. Med dessa förutsättningar kan produktionen från vindkraft öka till 43 TWh på de fem åren.

#### 8.1.4 Biokraft

Enligt tidningen Bioenergis biokraftkarta är normalårsproduktion från befintlig biokraft 16,1 TWh (Bioenergi, 2015). Vi utgår i prognosen från denna produktion.

Åtgärder:

- Drifftiden för elproduktion ökar för de allt större installerade effekterna i nya anläggningar som byggts (figur 9).
- Några värmeverk för fjärrvärme utvecklas till kraftvärmeverk som även kan producera el (tabell 4).
- Ombyggnader/utbyten startar av anläggningar som använder fossil energi.
- Ombyggnad sker av ett antal av de pannor som används för fjärrvärme till småskaliga kraftvärmeanläggningar.

En ökning med 1 TWh per år är fullt möjlig.

## 8.2 Tioårsscenario

Tabell 7. Så uppnås 100 procent förnybar elproduktion till år 2025.

Scenario 2 - 100 % förnybart 2025							Procent förnybart
TWh	Vattenkraft	Vindkraft	Biokraft	Solkraft	Förnyb.	Behov	
2016	67	18	16	0,2	101	138	73
2017	67	20	16	0,3	104	137	75
2018	67	24	17	0,6	109	136	80
2019	67	27	17	1	113	135	83
2020	67	30	18	2	116	134	87
2021	67	33	18	2	121	133	90
2022	67	35	19	3	125	133	93
2023	67	38	19	4	129	132	97
2024	67	40	20	5	132	132	100
2025	67	43	20	7	137	132	104

#### 8.2.1 Effektivisering och minskad elanvändning

En något måttligare minskningstakt antas till år 2025. Prognoserad befolkningsökning ger, allt annat lika, en ökning av elanvändning i bostäder och service. Detta motverkas samtidigt

av ökad eleffektivisering framdrivet av EU-direktiv som kräver eleffektiv teknik- och marknadsutveckling samt att all nybyggnation ska ske till nära-nollenergiprinciper. Detta medför framförallt att elvärme och driftel minskar betydligt. Även överföringsförluster har minskat i takt med att förstärkning och underhåll av elnät sker med bästa möjliga teknik. Inom industrin sker en viss återhämtning av produktionen samtidigt som satsningar på energieffektivisering bland små- och medelstora företag förväntas ge resultat. Under perioden får laddbara elbilar ett större genombrott vilket leder till en viss ökning av transportsektorns elanvändning. Den sammanlagda minskningen blir 7 TWh under perioden.

### **8.2.2 Solkraft**

I detta scenario kan ökningstakten för solkraft vara något lägre än den som antogs i det förra. Det kan vara en ökning med 80 procent första året och sedan minska stegvis ner till 20 procent i slutet av perioden. Denna utbyggnad kan ge nära 7 TWh solel till Sveriges elmix år 2025. Likt scenariot för 2020 behöver styrmedel och politiska direktiv ändras för att möjliggöra en stark tillväxt.

### **8.2.3 Vindkraft**

Nyinstallation görs av 880 MW per år. Det ger en årlig ökning med 2-3 TWh. Kapacitetsfaktorn ökar med 1 procent per år de första fem åren och därefter är den oförändrad. Med dessa förutsättningar kan produktionen från vindkraft öka till 43 TWh till 2025. Denna utbyggnadstakt ligger under de förutsättningar för ny vindkraft som finns i Sverige. År 2014 var nyinstallationerna 1043 TWh. Med en bra prisutveckling på den nordiska elmarkanden kan betydligt mer byggas för export.

### **8.2.4 Biokraft**

Åtgärderna är de samma som vid femårsscenarioet men åtgärderna för produktionsökning kan vidtas i en betydligt måttligare takt. Ökningen av bioenergi kan begränsas till 0,5 TWh per år.

Scenariot ger ett överskott på 5 TWh, som kan exporteras eller användas i t ex transportsektorn.

## 8.3 Femtonårsscenario

Tabell 8. Så uppnås 100 procent förnybar elproduktion till år 2030.

Scenario 3 - 100 % förnybart 2030							Procent förnybart
TWh	Vattenkraft	Vindkraft	Biokraft	Solkraft	Förnyb.	Behov	
2016	67	17	16	0,2	100	138	73
2017	67	19	16	0,3	103	137	75
2018	67	21	16	0,4	105	136	77
2019	67	24	17	0,6	109	134	81
2020	67	26	17	0,9	112	133	83
2021	67	28	17	1	115	133	85
2022	67	30	18	2	118	133	88
2023	67	31	18	2	120	132	89
2024	67	33	18	3	123	132	92
2025	67	35	19	4	126	132	95
2026	67	37	19	5	129	132	97
2027	67	38	19	6	131	131	99
2028	67	40	20	7	134	131	102
2029	67	42	20	8	137	131	105
2030	67	43	20	10	140	131	107

### 8.3.1 Effektivisering och minskad elanvändning

I scenariot till år 2030 antas minskningen bli 8,4 TWh. Fortsatt befolkningsökning ökar elanvändning men många av förutsättningarna i föregående scenario gäller även här. Krav på nära-nollenergibyggnader får allt större genomslag i form av minskad elvärme och driftel. En större del av befintlig fastighetsyta hinner också djuprenoveras med beprövade metoder över den längre tidsperioden. Svensk massa- och pappersindustrin antas successivt fasa ut den mest elintensiva produktionen till förmån för nya produkter som möjliggörs i den kemiska massaprocessen. Elektrifiering av vissa fossilintensiva processer (t.ex. inom järn och stål samt kemisk industri) skulle kunna öka industrin elanvändning väsentligt, men sådana tekniskiften antas ske först bortom år 2030. För transportsektorn blir ökningen 2 TWh vilket antas vara tillräckligt för en framdrift av en miljon laddbara elbilar.

### 8.3.2 Solkraft

Vid femtonårsscenario kan tillväxttakten vara mer moderat. Målet blir då också lättare att uppnå. Utbyggnadstakten följer den som varit de senaste åren i Sverige. De första åren är den 50 procent för att efterhand minska till 20 procent. Solkraften ger 10 TWh vid denna periods slut.

### **8.3.3 Vindkraft**

Vi har utgått från normalårsproduktionen 2015 samt nyinstallation av 600 MW per år med ökade kapacitetsfaktor, 1 procent per år de första fem åren. Därefter är kapacitetsfaktorn oförändrad. Med dessa förutsättningar kan produktionen från vindkraft öka till 43 TWh under perioden.

En alternativ prognos har utgångspunkt från normalårsproduktionen 2015 och en ökning varje år med 8 procent samt en ökning av kapacitetsfaktorn med 1 procent per år de första fem åren. Detta skulle ge produktionen 55 TWh efter 15 år. Här börjar vi närma oss den gräns för hur integration av sol och vindkraft som kan göras utan större utbyggnader av elnät och reservkraft. Produktionen ger också ett rejält utrymme för export.

### **8.3.4 Biokraft**

Här har vi behållit samma slutmål 20 TWh som i de övriga scenarierna. Det blir de ekonomiska förutsättningarna som avgör om ytterligare ökning kan realiseras. Det finns en betydande potential för mer användning av mer bioenergi i Sverige. EU-rapporten (CODE2, 2014) och även branschorganisationen Svebio (Svebio, 2014) har angett att en elproduktion om 40 TWh skulle vara fullt möjlig för biokraft. Även för bioenergi finns möjligheter till ett högre bidrag till elproduktion än vad vi räknat med i våra scenarier. Biomassa är också intressant som råvara och kan ersätta fossila råvaror för industriella processer och tillverkning av drivmedel för transporter.



## 9 Blir låga elpriser ett hinder för förnybar energi?

De senaste åren låga elpris har medfört att det inte går att bygga några nya anläggningar för elproduktion utan att det blir förluster i början. Det finns också ett överskott på elcertifikat så även priserna på dessa är och kan förväntas bli låga. Här råder dock stor osäkerhet.

Biokraften har minskat de senaste åren. Anläggningar finns byggda men de låga priserna har gjort elproduktionen olönsam. Många anläggningar har också fasats ut ur elcertifikatssystemet, vilket minskat intäkterna. Utbyggnaden av vindkraft har också minskat. För solenergi är stöden kanske tillräckligt stora med både investeringsstöd, elcertifikat och skatteavdrag. Men regelsystem kring stöden är oklara och varaktigheten osäker, varför systemen inte har fått genomslag.

### 9.1 Elcertifikaten

I Sverige stöds den förnybara energin främst av elcertifikaten. Våra elkonsumenter får betala en avgift på 2–3 öre per kWh. Den elintensiva industrin i Sverige (liksom i Tyskland och delvis i Danmark) är undantagen från avgifter för stödet. De grundläggande idéerna för elcertifikaten var, att subventionerna skulle vara lika för olika former av förnybar elproduktion, och att subventionen skulle utsättas för priskonkurrens som skulle sänka priset.

Elcertifikat utdelas till producenter av ny förnybar energi. Längsta tid en anläggning kan få elcertifikat är 15 år. Värdet på elcertifikaten uppstår därför av att en elhandlare måste täcka en viss kvot av sin försäljning med elcertifikat. För 2016 är kvoten 23,1 procent.

Elcertifikaten handlas liksom elenergin på en fri marknad. Det högsta noterade genomsnittspriset för en månad var i augusti -08. Då kostade elcertifikaten 37,2 öre/kWh. Lägsta priset var i februari -15 då priset var 13,7 öre. Kvotplikten för elcertifikaten höjdes 2016 men det har haft en obetydlig inverkan på priset.

Idag finns också vissa kompletterande stöd, t.ex. investeringsstöd för solceller, skatteavdrag för mikroproduktion av elenergi och investeringsstöd för biogasanläggningar. För solkraft (i stället för investeringsstöd) och energieffektivisering kan man också erhålla ROT-avdrag för arbetskostnaden. Stödet för solkraft behandlas också i kapitel 3.2. Totalt uppgår de kompletterande stöden till rätt begränsade belopp.

**Tabell 9.** Stöd för förnybar energi år 2014 i Sverige och Danmark samt år 2013 i Tyskland. Alla summor är angivna i svenska kronor.

Land	Andel förnybar energi 2013	Stödform	Total kostnad (miljarder kr)	Avgift elenergi (öre/kWh)	Stöd/ invånare (kr/capita)
Sverige	69 %	Elcertifikat	2,2	2-3	225
Danmark	88 %	PSO-tariffer	5,3	26	943
Tyskland	62 %	EEG-avgift	215,8	49	2665

Vid en internationell jämförelse är stödet i Sverige mycket lågt. Tabell 9 visar stöden i tre länder. I Danmark är stödet fyra gånger så stort per capita och den tyska omställningen ”Energiewende” kostar ungefär 12 gånger mer per person (Sidén, 2015).

Det skulle vara mycket rimligt att förbättra stöden avsevärt, utan att kostnaden för detta skulle bli oacceptabelt hög. Värdet av ett helt förnybar energisystem, som ger låg miljöbelastning och inte utarmar begränsade naturtillgångar, skulle vara mycket stort. Huvuddelen av subventionerna och därmed investeringarna stannar inom landet och kan bidra till att svenska företag kan utvecklas och att arbetstillfällen skapas i landet.

## 9.2 Rekommendationer/slutsatser

Sveriges förutsättningar för energieffektivisering och förnybar energi är mycket goda. Projekt för energieffektivisering som genomförts har gett ökad vinst för företagen. Det finns bra platser för solenergi och vindkraft. Skogen som ger den mesta bioenergin växer bra.

Vattenkraftens magasin, som kan användas för reglerkraft, är en stor tillgång för integrering av väderberoende energi, som sol- och vindkraft.

Priserna för solceller är fortfarande fallande. Solenergin kommer sannolikt att bli den billigaste energiformen i det tidsperspektiv som rapporten omfattar.

Kostnaderna för framtidens elförsörjning baserad på förnybar energi kommer med stor sannolikhet att vara lägre än vad dagens energiförsörjning kostar. Ett Sverige som är försörjt med förnybar elenergi kommer även fortsättningsvis att kunna vara ett land med låga energipriser.

Omställning till enbart förnybar elenergi ses ibland som en belastning, som blir till hinder för den allmänna utvecklingen. Det kan också ses från ett omvänt perspektiv. Utbyggnaden leder till ekonomisk verksamhet med ökade beställningar till industri, projekterings- och anläggningsföretag och en ledande marknad med exportmöjligheter. Den mesta kostnaden

kommer att omsättas inom landet. Som föregångsland får vi en expansiv utveckling och en förbättrad energiförsörjning med mindre miljöpåverkan för en långsiktigt hållbar utveckling.

För att den skisserade utvecklingen ska komma till stånd behövs:

- **En elmarknad i balans**, med ett elpris som speglar kostnaden för ny produktion. Idag råder stor obalans på marknaden, se kapitel 7.4. Den förnybara energin har byggts ut utan att den produktion som ska ersättas tagits ur drift. Perspektivet i denna rapport är att kärnkraften och kvarvarande fossilkraft ska avvecklas. Det måste finnas en plan för att detta görs parallellt med utbygganden av förnybar energi. Fortsatt utbyggnad av det internationella kraftnätet bidrar också till en mer balanserad marknad.
- **Handelshinder måste tas bort**. Tyskland stoppar idag ofta dansk ellexport. Danmark har vänt sig till EU med krav på att hindren ska tas bort. EU:s fria elmarknad måste utvecklas. Möjligheter till handel minskar också behovet av reglerkraft och kan ta hand om överskottsproduktion från väderberoende energikällor.
- **Fungerande stödsystem**. Under en övergångsperiod behövs stödsystem för att en ny teknik ska kunna etablera sig på marknaden. Elcertifikaten gav ett bra stöd i början. På senare har priset sjunkit så att ersättningen till exempel till vindkraft är otillräcklig. Det kan ändras genom ändrade kvoter för hur stor del av elanvändningen som ska täckas med elcertifikat. Nuvarande överskott på elcertifikat måste tas bort. Regler och stöd till solkraft måste samordnas, revideras och införas med ett långtidsperspektiv för att marknaden ska kunna stabiliseras och växa.
- **Stopp för subventioner av icke förnybar energi**, dvs. fossilkraft och kärnkraft måste införas. Kärnkraften subventioneras främst genom att ansvaret vid en kärnkraftolycka är mycket begränsat. Motivet för detta var att kärnkraften var helt nödvändig för en säker elförsörjning. Nu när den förnybara energin kan klara detta, kan stödet tas bort omedelbart. Kärnkraften har inte heller tillräckliga medel avsatta för att rivning av verken och slutförvaring av kärnavfallet. Avgiften för detta måste höjas till nödvändig nivå.
- **Koldioxidavgifter för fossilkraft måste höjas till en rimlig nivå**. I det nordiska systemet finns fortfarande en stor andel fossilkraft. Här måste handeln med utsläppsrätter eller koldioxidskatt utvecklas så att den täcker den skadliga miljöpåverkan som fossilkraften ger (Se kapitel 7 om externa kostnader).

- **Reservkraftverk måste konverterats till biobränsle.** I den mån fossila kraftverk behövs för effektreserven måste dessa byggas om för att kunna använda biobränslen, t ex biogas eller HVO-diesel.
- **Betrakta energieffektivisering som en energiresurs.** Energieffektivisering är den strategi som med lägst kostnad kan minska växthusgasutsläpp mot långsiktiga klimatmål (IEA, 2013). En framgångsrik energiomställning fordrar ett synsätt på undviken energianvändning som en resurs i sig. Detta kan åstadkommas om energieffektivitet och efterfrågestyrning tillåts konkurrera på lika villkor med energitillförsel, med stöd av smarta elnät och marknadsmekanismer (t.ex. vita certifikat) för ökad betalningsvilja.
- **Prioritera energieffektivisering och värdeskapande plusfördelar.** Driftsproblem bemöts ofta med kostsam tillförselteknik utan att alternativ på användarsidan beaktas. Övertemperatur från kontorsutrustning och solinstrålning åtgärdas t.ex. med elkrävande kyl- och fläktteknik. Energisnåla alternativ kan vara markiser eller solavskärmning, som utöver elkostnadsbesparingar ger fördelar som bättre inomhusklimat och produktivitet, lägre driftkostnad för kylteknik, sol- och insynsskydd. När "plusfördelar" utvärderas överträffar de ofta direkta energibesparingar (IEA, 2014; Cooremans, 2013).
- **Långsiktigt och kontinuerligt främjande av energieffektivisering.** Energieffektivisering och andra näringar gynnas av långsiktiga spelregler. Långsiktighet är viktigt även i mer sofistikerade program vilka ofta drivs som kortare projekt. T.ex. avslutades det framgångsrika PFE med hänvisning till EU:s statsstödsregler istället för att utvecklas på nya fronter. Andra länder, som driver långsiktiga energieffektiviseringsavtal med industrin, visar på möjligheter.

## 10 Referenser

- Agora, 2015 Agora Energiewende, Current and Future Cost of Photovoltaics. [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2014/Kosten-Photovoltaik-2050/AgoraEnergiewende\\_Current\\_and\\_Future\\_Cost\\_of\\_PV\\_Feb2015\\_web.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2014/Kosten-Photovoltaik-2050/AgoraEnergiewende_Current_and_Future_Cost_of_PV_Feb2015_web.pdf)
- BP, 2016 Statistical Review of World Energy, June 2016. <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- Bixia, 2016 Bixia, Historiska spotpriser el, besökt 16 juni. <https://www.bixia.se/foretag/elavtal-tjanster/elmarknadslaget/historiska-elpriser>
- Blok, 2006 Blok, K. (2006). Introduction to energy analysis. Amsterdam: Techne Press.
- Bloomberg , 2016. Bloomberg News, New Record Set for World's Cheapest Solar, Now Undercutting Coal. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-05-03/solar-developers-undercut-coal-with-another-record-set-in-dubai>
- Bioenergi, 2015. Tidningen Bioenergi 2015. <http://bioenergitidningen.se/Biokraftkartan>
- Bosseboeuf, 2015. Bosseboeuf, D. Energy efficiency trends and policies in industry – an analysis based on the ODYSSEE and MURE databases. Paris: Ademe.
- CODE2, 2014. D5.1 Cogeneration Roadmap Member State: Sweden, October 2014 <http://www.code2-project.eu/wp-content/uploads/CODE2-Non-pilot-SE-final-8.11.2014a.pdf>
- Cooremans, 2013. Cooremans, C. Investment in energy efficiency by large-scale consumers: an innovative audit programme. eceee 2013 summer study proceedings.
- DN, 2016 Dagens Nyheter, Kraftig ökning av solenergi – men stora skillnader i landet, mars 2016. <http://www.dn.se/nyheter/sverige/kraftig-okning-av-solenergi-men-stora-skillnader-i-landet/>
- Ecofys, 2014 Subsidies and costs of EU energy, Ecofys, 2014, [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy\\_11\\_Nov.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ECOFYS%202014%20Subsidies%20and%20costs%20of%20EU%20energy_11_Nov.pdf)
- Elforsk, 2014 El från nya och framtida anläggningar 2014, Elforsk, 2014. [http://www.elforsk.se/Rapporter/?rid=14\\_40\\_](http://www.elforsk.se/Rapporter/?rid=14_40_)
- Energimyndigheten, 2016a. Å. Wahlström, A. Persson, K. Glader, K. Westerbjörk, A. Göransson, Fallstudier till HEFTIG
- Energimyndigheten, 2016b. Fyra framtider - Energisystemet efter 2030, Energimyndigheten.
- Energimyndigheten, 2016c. Energiläget i siffror 2016 [http://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/overgripande-rapporter/energilaget-i-siffror-2016\\_160218.xlsx](http://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/overgripande-rapporter/energilaget-i-siffror-2016_160218.xlsx)
- Flodberg, 2012. Flodberg, K. Very low energy office buildings in Sweden: Simulations with low internal heat gains. Licentiatuppsats. Lund: Lunds universitet.

- Fosna-Folket, 2016. Fosna-Folket, Nå blir det vindkraftutbygging på Fosen.  
<http://www.fosna-folket.no/nyheter/2016/02/23/N%C3%A5-blir-det-vindkraftutbygging-p%C3%A5-Fosen-121.2456.ece>
- GWEC, 2016 Global Wind Energy Council (GWEC), Global statistics  
<http://www.gwec.net/global-figures/graphs/>
- IEA, 2013 Redrawing the energy-climate map – world energy outlook special report. Paris: International Energy Agency.
- IEA, 2014 Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency. Paris: International Energy Agency.
- IEA PVPS, 2015a. National Survey Report of PV Power Applications in SWEDEN  
[https://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/solenergi/stod-till-solceller/national\\_survey\\_report\\_of\\_pv\\_power\\_applications\\_in\\_sweden\\_2014.Pdf](https://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/solenergi/stod-till-solceller/national_survey_report_of_pv_power_applications_in_sweden_2014.Pdf)
- IEA PVPS, 2015b TRENDS 2015 IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS.  
[http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/national/IEA-PVPS\\_-\\_Trends\\_2015\\_-\\_MedRes.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/national/IEA-PVPS_-_Trends_2015_-_MedRes.pdf)
- IEA PVPS, 2016a. Snapshot of global photovoltaic markets 2015
- IEA PVPS, 2016a. IEA PVPS T1-29:2016. 2015 Snapshot of Global Photovoltaic Markets
- IEA PVPS, 2016b. Annual report 2015
- Jernkontoret, 2016. Konjunkturläget och utsikterna för industrin. Stockholm: Jernkontoret.
- Kjellsson, 2000. Kjellsson, Elisabeth, Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige
- Köwener et al, 2014. Köwener, D., Nabitz, L., Mielicke, U., Idrissova, F. (2014). Learning energy efficiency networks for companies – saving potentials, realization and dissemination. eceee 2014 industrial summer study proceedings.
- Naturlig Energi, 2016. Tidskriften Naturlig Energi, maj 2016
- Naturvårdsverket 2005. Förbränningsanläggningar för energiproduktion 2005.  
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-8196-9.pdf?pid=3933>
- Olsson et al 2014. M., Horn, H., Lycken, A., Nilsson, D. (2014). A sawmill-adapted energy management system. eceee 2014 industrial summer study proceedings.
- REN21 REN21, Renewables Global Status Report 2016, <http://www.ren21.net>
- Regeringskansliet, 2011. Sveriges andra nationella handlingsplan för energieffektivisering. Stockholm: Regeringskansliet.
- Regeringskansliet, 2015. "Mål för energieffektivisering". Hämtad 22 maj 2016 från:  
<http://www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/energieffektivisering/mal-for-energieffektivisering/>

- SCB, 2016a Sveriges framtida befolkning 2016–2060. BE 18 SM 1601. Stockholm: Statistiska Centralbyrån.
- SCB, 2016b Sveriges officiella statistik  
[http://www.scb.se/sv\\_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/](http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/)
- Sidén, 2015 Förnybart Energi, Studentlitteratur, 2015
- SIFO, 2013 Svensk Solenergi, 2013. <http://www.svensksolenergi.se/nyheter/nyheter-2013/solkraft-ett-oenskemat-enligt-sifo>
- Skogsindustrierna (2015). Skogsindustrin – En faktasamling, Branschstatistik 2014. Stockholm: Skogsindustrierna.
- SOU, 2013 SOU (2013:84). Fossilfrihet på väg. Betänkande av Utredningen om fossilfri fordonstrafik. Stockholm: Fritzes.
- STEM, 2007 Förbättrad energistatistik för lokaler – ”Stegvis STIL” Rapport för år 1. Inventeringar av kontor och förvaltningsbyggnader. ER 2007:34. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- STEM, 2011 Resultat från programmet, slutredovisning per företag. Opublicerad databas. § Eskilstuna: Energimyndigheten.
- STEM, 2014 Scenarier över Sveriges energisystem – 2014 års långsiktiga scenarier, ett underlag till klimatrapporeringen. ER 2014:19. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- STEM, 2015 Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2014. ES 2015:07. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- STEM, 2016 Energiläget i siffror 2016 (Excel). Hämtad 22 maj 2016 från:  
<http://www.energimyndigheten.se/statistik/energilaget/>
- Stenqvist, 2013. Stenqvist, C. Industrial energy efficiency improvement – the role of policy and evaluation. Doctoral dissertation. Lund: Lunds universitet.
- Svebio, 2014 Biobränslescenarier – hur mycket biobränsle kan vi använda i det svenska energisystemet år 2030? Profu, 2014. <https://www.svebio.se/sites/default/files/Biobr%C3%A4nslescenarier%20rapport%202014-08-11.pdf>
- Svensk Energi, 2016. Elåret 2015. <http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Statistik/Elaret/>
- Svensk Vindenergi 2016. Branschorganisationen Svensk Vindenergi, statistik.  
<http://www.vindkraftsbranschen.se/statistik/>
- Söder, 2014 Söder, L. På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige, KTH
- Thollander, 2008. Thollander, P. (2008). Towards increased energy efficiency in Swedish industry – barriers, driving forces & policies. Doctoral dissertation. Linköping: Linköpings universitet.

Wahlström et al, 2012. Å Wahlström, J-O Dalenbäck, J. Paradis, C. Winkler (2012), Hållbara energisystemlösningar inom solenergiområdet – en nulägesanalys.

Werner, 2016. Muntlig kommunikation med prof. Sven Werner 2016-05-23.

Vetenskapsradion, 2014, Kraftig avgiftshöjning föreslås för kärnavfallsfonden.  
<http://sverigesradio.se/sida/default.aspx?programid=406>

Wiberg et al, 2012. Wiberg, R., Forslund, M. (2012). Energiförbrukning i massa- och pappersindustrin 2011. Stockholm: Skogsindustrierna.

WindEurope, 2016. The European offshore wind industry – key trends and statistics 2015  
<https://windeurope.org/about-wind/statistics/offshore/key-trends-2015/>



## 11 Författarna



**Göran Sidén**

Universitetslektor -  
Elkraftteknik  
**Högskolan i  
Halmstad**

goran.siden@hh.se

- Initiativtagare till ingenjörsprogrammet "Energiingenjör – förnybar energi".
- Författare till boken "Förnybar Energi".

**Samordnare. Har skrivit om vindkraft och kostnader.**



**Jonny Hylander**

Professor –  
Förnybar energi  
**Högskolan i  
Halmstad**

Forskare och lärare i vindkraft, solenergi, bioenergi och elkraftteknik vid Högskolan.

**Har skrivit om bioenergi, elnät och effektreserver.**



**Charlotta Winkler**

Civilingenjör  
Energiteknik  
**Danmarks Tekniska  
Universitet**

Solenergiexpert och konsult för energiteknik vid WSP Sverige AB.

**Har skrivit om solkraft.**



**Christian Stenqvist**

Teknologie doktor –  
Energieffektivisering i industri, styrmedel och utvärdering.

**Lunds tekniska  
högskola**

Energianalytiker och utvärderingskonsult vid EvalPart AB.

**Har skrivit om elanvändning och eleffektivisering.**