Utgivningsår 2016

Effekter i elsystemet från en ökad andel solel

ER 2016:22

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas via
www.energimyndigheten.se
Orderfax: 08-505 933 99
e-post: energimyndigheten@arkitektkopia.se

© Statens energimyndighet

ER 2016:22

ISSN 1403-1892

Förord

Den här rapporten är en del av utredningen och regeringsuppdraget ”Uppdrag till Energimyndigheten att ta fram en strategi för ökad användning av solel” M2015/636/Ee (delvis) och M2015/2853/Ee, Regeringsbeslut II:2. Enligt uppdraget ska Energimyndigheten analysera hur solel ska kunna bidra till att Sverige på sikt ska ha 100 procent förnybar energi och föreslå en strategi för hur användningen av solel ska kunna öka i Sverige.

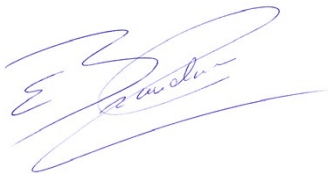
Energimyndigheten ska redovisa uppdraget till Regeringskansliet (Miljö- och energidepartementet) och slutredovisning sker senast den 17 oktober 2016.

Den här rapporten har tagits fram som en underlagsrapport till uppdraget och syftet är att belysa vilka effekter som kan uppstå i elsystemet om utbyggnaden av solel tar fart. Effekterna beskrivs utifrån nuläget, år 2022 och år 2040, i enlighet med utbyggnadstakten av solel i strategin.

Vid en ökad utbyggnad av solel kommer elsystemet att påverkas på olika sätt vid olika nivåer av utbyggnad. Erfarenheter från andra länder, så som Tyskland och Italien, är värdefulla i analysen av utvecklingen av det svenska systemet. Vid sidan av dessa erfarenheter har en sammanställning av rapporter och andra studier på området gjorts för att få en uppfattning om omfattningen av effekter till år 2022 och år 2040.

Rapporten innehåller lösningsförslag för hur effekterna på kort och lång sikt ska hanteras, vilka även finns presenterade i den övergripande strategin.

Eskilstuna oktober 2016



Erik Brandsma
Generaldirektör

Tobias Walla
Utredare

Susanne Lindmark
Utredare

Sammanfattning

Syftet med den här rapporten är att belysa vilka effekter som kan uppstå i elsystemet om utbyggnaden av solel tar fart. Effekterna beskrivs utifrån nuläget, år 2022 och år 2040, i enlighet med nivåerna i solstrategin. Inom strategin ska åtgärder identifieras som möjliggör en solcellsutbyggnad till 7–14 TWh år 2040.

Denna rapport föreslår 11 åtgärder, varav 5 av dem är prioriterade åtgärder på kort sikt. Dessa är:

- Komplettera solwebbplattformen med en ingång för elnätsföretag och elnätsfrågor.
- Utred om lokalnätens krav på bibehållen god elkvalitet innebär ett hinder, utifrån olika solelnivåer.
- Utred om och i så fall i vilken utsträckning en aggregerad mängd solel på lokalnätsnivå kan påverka elkvaliten i gränspunkten mot regionnät.
- Bevaka utvecklingen inom batterilagring samt ytterligare studier kring synergierna mellan solceller, batterier och efterfrågeflexibilitet.
- Initiera fler forskningsprojekt och studier om solcellsutbyggnad i lokal- och regionnät om utmaningarna med en hög andel solel i elsystemet.

I slutet av 2015 hade Sverige en installerad solcellseffekt på cirka 127 MW, varav 91 % var anslutet till elnätet. Detta motsvarar cirka 0,1 % av Sveriges elanvändning. Denna nivå innebär en låg risk för problem med elsystemen. Solcellselen får obetydlig inverkan på transmissionsnätens funktion, men det kan finnas viss risk för överspänning eller överbelastning i enskilda lokala elnät, speciellt i landsbygdsnät.

För de nivåer av solel som kan bli aktuella fram mot 2022 visar erfarenheter från andra länder att det är framförallt spänningsvariation och omvända effektflöden som kan komma att skapa utmaningar i elnätet. Den generella bilden utifrån flertalet studier är att ungefär 30 % av den årliga elanvändningen i ett lokalt elnät går att täcka med solel utan att det skulle påverka elkvaliteten. Denna gräns kallas för acceptansgräns, vilket betyder ungefär ”lokalnätens anslutningsmöjlighet med bevarad god elkvalitet”. Ett förslag är därför att utreda om lokalnätens elkvalitetskrav innebär något hinder för solelutbyggnaden i Sverige.

Med periodvis stor produktion av solel i lokalnätet kan nätet behöva transportera el från lokalnätsnivå till regionnäten och med det mata upp effekt istället för som idag mata ned effekt. Energimarknadsinspektionen ansvarar för föreskriften om de krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet[1]. Det bör utredas om, och i så fall i vilken utsträckning, en aggregerad mängd solel på lokalnätsnivå kan påverka elkvaliten i gränspunkten mot regionnät.

[1] Energimarknadsinspektionen (2013), Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet; EIFS 2013:01.

Efter 2022 kan det uppkomma (utifrån strategins utbyggnadsnivåer) liknande utmaningar i lokal- och regionnät som tidigare, men då i större omfattning. Det uppstår bland annat ett ännu större behov av att koordinera säkerhetsinställningar i solcellsväxelriktare. Det är troligt att detta behov kommer att mötas genom gemensamma standarder i EU (s.k. nätföreskrifter, grid codes).

Enligt observationer från andra länder med en stor andel mikroproduktion finns det en ökad risk för tillförlitlighetsproblem på grund av regleringen av transmissionsnätet. När det gäller det svenska transmissionsnätet kommer det med hög sannolikhet att finnas utmaningar med en ökad andel el producerad med solceller i den omfattning som motsvaras av denna fas i utbyggnaden.

På längre sikt kommer antagligen behovet av systemtjänster i transmissionsnätet att öka. Spänning- och frekvensreglering, driftreserver, svängmassa och nätstyrka är exempel på systemtjänster som kan komma att påverkas av en ökad andel solel i elsystemet i framtiden. Det pågår i dagsläget flera arbeten hos systemoperatörerna på nordisk nivå inom de här områdena. Aspekter kring solel bör inkluderas i pågående och framtida arbete kring systemtjänster.

Solenergin är en resurs som varierar i styrka vilket ökar behovet av flexibilitet i kraftsystemet på både kort och lång sikt. Med en ökad mängd variabel kraft kommer det att krävas en mer flexibel reglering för att kunna möta efterfrågan. Ett hinder som framförts under arbetet med strategin är att utökad reglerkraft saknas för en utbyggnad av solel. Flera av de studier som genomförts, och delvis redovisats här i rapporten, visar på att en viss utbyggnad av variabel kraft skulle kunna hanteras inom befintlig regleringskraft. Att hantera framtida reglering med mer variabel kraft i elsystemet ligger inom Svenska kraftnäts ansvarsområde. När det gäller solel kan det vid sidan om bevakning även finnas ett potentiellt utredningsbehov.

Ett annat möjligt hinder som påtalats i arbetet är kapacitetsfrågan och att det nationella transmissionsnätet i Sverige saknar den kapacitet som en kraftigt ökad solelproduktion skulle kräva. Ett förslag är att utreda hur en ökad andel solel påverkar belastningen på transmissionsnätet för att därefter eventuellt analysera behovet av nätförstärkningar, överföringsförbindelser eller smart styrning av elnäten.

Potentiella ”speländrande faktorer” är byggnadsintegrerade solceller, flexibilitet, lagring och nya typer av billiga tandemsolceller. Potentiella inbromsande faktorer är tillgång på ytor, tillgång på intresserade kunder samt lågt elpris när solen skiner. En långsiktig och stadig solcellsmarknad bortom 2040 är troligtvis beroende av nya affärsmodeller samt nya innovationer som underlättar för systemvänlig integration i elnäten.

Innehåll

1 Inledning 7

1.1 Metod 7

1.2 Likheter och skillnader mellan solel och vindel 9

2 Nuvarande nivå av solcellsutbyggnad 11

2.1 Vilka utmaningar kan finnas redan i dagsläget gällande elkvalitet och elsäkerhet? 11

3 Fas 1: Utmaningar och möjligheter fram till 2022 13

3.1 Elkvalitets- och elsäkerhetsutmaningar i lokal- och regionnät 13

3.2 Marknadsdesign 15

4 Fas 2: Utmaningar och möjligheter fram till 2040 17

4.1 Utmaningar för lokal- och regionnät 17

4.2 Marknadsdesign 18

4.3 Utmaningar för det nationella transmissionsnätet 18

5 Fas 3: Utmaningar och möjligheter efter 2040 25

6 Sammanställning av lösningsförslagen 27

Fas 1 (fram till 2022): 27

Fas 2 (fram till 2040): 27

7 Lista över rapporter 29

1 Inledning

Sverige har goda förutsättningar för integration av solel i elsystemet. Elnäten är dimensionerade för användning av direktverkande el under vintern, vilket innebär att kablar och kraftledningar ofta är väl tilltagna[2]. Detta är till stor nytta vid en kommande utbyggnad av till exempel solceller i Sverige. Inom solstrategin ska åtgärder identifieras som möjliggör en solcellsutbyggnad till 7–14 TWh år 2040. Vid dessa nivåer ökar enligt internationell erfarenhet utmaningarna för elsystemet, både på lokal nivå och för den nationella effektbalansen. Därför är det av stor vikt att analysera vilka effekter som skulle kunna komma av olika utbyggnadsnivåer.

Syftet med den här rapporten är att belysa vilka effekter som kan uppstå i elsystemet om utbyggnaden av solel tar fart. Effekterna beskrivs utifrån nuläget, år 2022 och år 2040, i enlighet med utbyggnaden av solel i strategin.

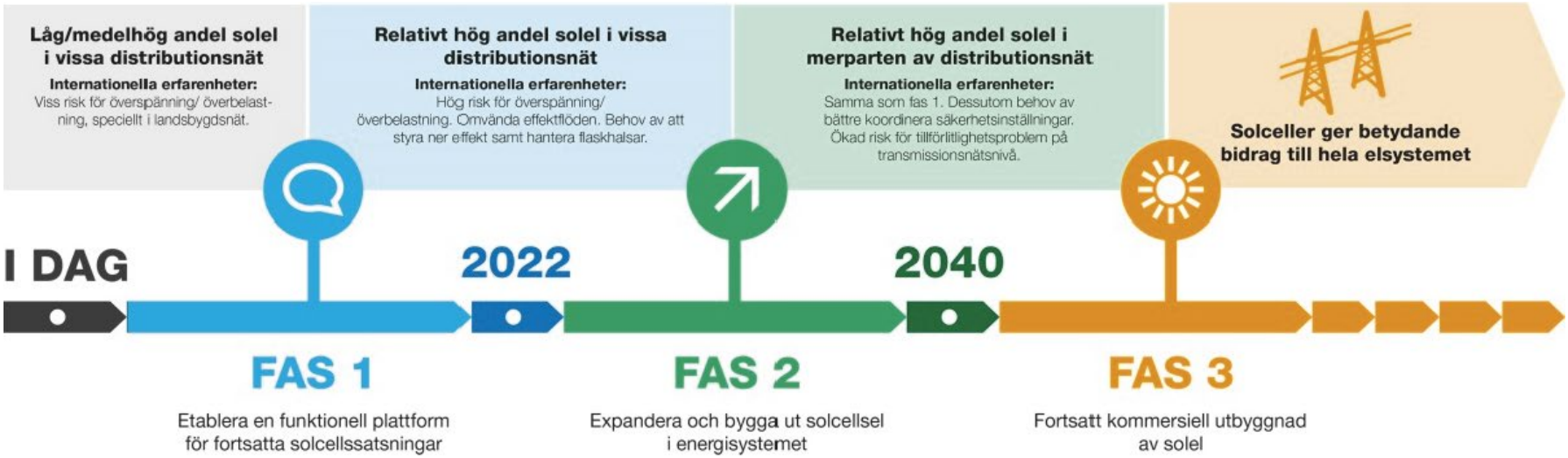
1.1 Metod

Denna rapport är först och främst en sammanställning/syntes av kunskapsläget inom området ”integration av solceller i elsystemet”. Dessutom finns analys och lösningsförslag som kopplar mot solstrategins olika målnivåer.

Som övergripande struktur för de följande kapitlen används en rapport[3] från IEA PVPS Task 14. Där delas solcellsutbyggnaden in i tre olika generella nivåer. För de olika nivåerna åskådliggörs vilka risker och problem som observerats i verkliga nät i exempelvis Tyskland och Italien. Dessa tre nivåer kan överföras till en svensk kontext, och anpassas till strategidokumentets förslag på utbyggnadsfaser och målpunkter, enligt figur 1. Första nivån motsvarar dagens läge, andra nivån motsvarar solelsutbyggnaden kring år 2022 (nivå närtid), och tredje motsvarar utbyggnaden av solel kring år 2040 (nivå på sikt).

[2] Per Högselius, Arne Kaijser, (2007), När folkhemselen blev internationell – Elavregleringen i historiskt perspektiv.

[3] Transition from uni-directional to bi-directional distribution grids - IEA PVPS Task 14:03-2014 http://iea-pvps.org/index.php?id=95&eID=dam_frontend_push&docID=2211 (hämtad 2016-09-04)



Figur 1. Effekter i elsystemet. Svensk översättning samt anpassning av modell från IEA PVPS Task 14. Inkluderar internationella erfarenheter av vad som kan observeras i elnätet vid de olika utbyggnadsnivåerna.

1.2 Likheter och skillnader mellan solel och vindel

Som en del av inledningen till denna rapport finns här en bakgrundsbeskrivning om sol- respektive vindresursens mer grundläggande egenskaper. Detta för att de senare analystexterna och lösningsförslagen ska kunna sättas i ett sammanhang. Sverige har idag en internationellt sett hög andel vindkraft i elsystemet, vilket bidrar till att det redan finns kunskap om integration av variabel elproduktion i elsystemet. Det finns både stora likheter och skillnader mellan solel och vindel. Det är framförallt de aspekter som utgör skillnaderna som motiverar varför solel ibland behöver utredas för sig, och att det behöver tas fram särskilda förslag för att integrationen av solel ska bli så kostnadseffektiv och smidig som möjligt.

Största likheterna mellan solel och vindel:

- En distribuerad energiresurs. Elproduktion kan ske nära användaren, vilket ger mindre överföringsförluster än exempelvis vattenkraftel från de stora älvarna i norr. Både sol- och vindkraft har dessutom egenskapen att geografisk utspridning av kraftverken ger en bättre produktionsprofil än om alla anläggningar är på samma plats. Nyttan ökar alltså ju mer utspridda anläggningarna är i elsystemet. Därför är också en ökad sammankoppling med andra länders elsystem positivt eftersom elsystemet då blir större och produktionen blir mer utjämnad.
- Låga marginalkostnader i driftfasen på grund av att driftskostnaden är ringa i förhållande till investeringskostnaden. Detta gör att ägaren inte har några incitament att stänga av elproduktionen trots låga momentana elpriser.
- De är inte planerbara i betydelsen att det inte finns ett bränsle som är lagringsbart. Detta innebär att meterologiska prognoser är viktiga för båda teknikerna, och att det blir mer och mer relevant med exakta produktionsförutsägelser ju större utbyggnaden blir.

Största skillnaderna mellan solel och vindel:

- Solel ansluts främst till lokalnät och bara i vissa fall till regionnät. De flesta vindkraftsparkerna ansluts dock på de högre spänningsnivåerna. Elkvalitetsutmaningar på lokalnätsnivå är därför något som är unikt för solel, vilket är den största anledningen till att solelens elsystempåverkan behöver analyseras för sig. Om solelutbyggnaden i framtiden skulle skifta fokus till större solcellsparker kommer skillnaderna mellan kraftslagen dock att minska.
- Solel har bättre korrelation med elanvändningen på dygnsnivå. Det blåser i snitt mer på nätterna, då det är lägre användning. Solen skiner på dagarna och då använder samhället också mest el. Vindel har korrelationskoefficient -0,10 medan solel har +0,23 enligt en doktorsavhandling vid Luleå tekniska universitet[4]. Fastigheter med eldrivna kylmaskiner har extra bra matchning med solelproduktionen[5]. Värt att notera är att de båda energi-

[4] Etherden, N. (2014). Increasing the hosting capacity of distributed energy resources using storage and communication. Luleå tekniska universitet.

[5] Fahlén, Elsa. (2016). Slutrapport för projektet ”Solceller på svenska kontorsbyggnader”.

slagen i detta avseende kompletterar varandra.

- Solel har dock sämre matchning med användningen på årsnivå. Vindel har här positiv korrelation medan solel har negativ. Majoriteten (75–85 %) av solelen produceras under årets sex ljusaste månader. Med en kalendermässig årstidsindelning motsvarar vårmånaderna 35 %, sommarmånaderna 45 %, höstmånaderna 15 % och vintermånaderna 5 % av årsproduktionen. Dessa siffror är ungefärliga och varierar med var i landet anläggningen finns, samt i viss mån med modulernas lutning.[6]
- Ett lands sammanlagda installerade solceller kan inte förväntas leverera sin totala installerade effekt vid ett enda tillfälle. Detta på grund av olika väderförhållanden, olika takvinklar, inslag av icke-optimal placering (exempelvis skuggning) samt på grund av temperatureffekten. Temperatureffekten inträffar på grund av att märkeffekten är bestämd vid 25 °C, och att den faktiska solcellstemperaturen är avsevärt mycket högre en varm sommardag, vilket sänker verkningsgraden ett antal procentenheter. I Tyskland beräknas som exempel den sammanlagda toppeffekten under en timme max kunna vara cirka 70 % av den totalt installerade effekten. Denna maxeffekt kan dessutom bara förväntas inträffa ett fåtal dagar per år[7]. För vindkraft finns inte riktigt samma begränsningar. Som exempel levererades hela 87 % av installerade kapaciteten under en timme den 29 januari 2016[8]. Slutsats av detta är att det vid en installerad solcellseffekt på exempelvis 10 GW maximalt kan produceras ca 7 GW soleleffekt vid ett givet ögonblick.

[6] Baseras på mätvärden från 46 svenska anläggningar för år 2015–2016. Mätvärden kommer från Emulsionen. Också validerat med mätvärden från 2014 från tre större anläggningar på olika platser i landet, tillgängliga genom SMA Sunny Portal.

[7] Fraunhofer ISE (2016), Recent Facts about Photovoltaics in Germany, https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf (Hämtad 2016-08-19)

[8] Stand up for wind. “Fakta om vindkraft”. Länk: http://standupforwind.se/Fakta+om+vindkraft/ (hämtad 2016-09-04)

2 Nuvarande nivå av solcellsutbyggnad

I slutet av 2015 hade Sverige en installerad solcellseffekt på cirka 127 MW, varav 91 % var anslutet till elnätet. Detta motsvarar cirka 0,1 % av Sveriges elanvändning. Enligt en internationell studie från IEA PVPS task 14 innebär denna nivå en låg risk för problem med elsystemen (se figur 1). Solcellselen får obetydlig inverkan på transmissionsnätens funktion, men det kan finnas viss risk för överspänning[9] eller överbelastning i enskilda lokala elnät, speciellt i landsbygdsnät.

2.1 Vilka utmaningar kan finnas redan i dagsläget gällande elkvalitet och elsäkerhet?

En utmaning för utbyggnaden av solel har historiskt varit att det funnits kunskapsluckor hos nätbolag och installatörer. Enligt en undersökning på Solforum 2015 angav en majoritet av konferensdeltagarna att energisektorn i stort hade bristfällig kunskap om solceller och solenergins potential[10].

Elnätsföretag brukar lyfta problem kring bakmatning och okontrollerad ö-drift[11], som skulle kunna innebära risker för personal vid servicearbete. En annan problematik, som har funnits tidigare men i hög grad har lösts, är emission av övertoner[12] från växelriktare. Moderna växelriktare har inbyggda filter mot övertoner, samt säkerhetsinställningar som ska förhindra bakmatning. Vid en storskalig utbyggnad kan det dock komma nya utmaningar som kan kräva nya typer av åtgärder mot exempelvis bakmatning.

Vissa elnätsföretag har upptäckt att nya solcellsägare ibland låter bli att anmäla till elnätsbolaget när de börjar mata in el på nätet. Denna oreglerade anslutning kan i vissa fall innebära säkerhetsproblem samt försvåra för hur nätbolaget ska dimensionera näten.

---

[9] Överspänning inträffar när nätspänningen på en plats i ett elsystem överstiger den på förhand angivna maxspänningen. Gränsen kan exempelvis vara satt till 110 % av nominell spänning, dvs. 0,44 kilovolt i ett 0,4-kilovoltsnät.

[10] Sandén, Björn (2014). Teknologiska innovationssystem inom energiområdet – Kapitel 5 Solceller. https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=3030 (hämtad 2016-09-04).

[11] ”Ö-drift” innebär att en elproduktionsanläggning kan försörja fastighetsintern elanvändning trots att det omgivande elnätet är spänningslöst. Detta är exempelvis vanligt på sjukhus, där lösningen ofta är att kombinera dieselgenerator och batterier i ett så kallat UPS-system (Uninterruptible Power Supply – avbrottsfri strömförsörjning).

[12] Övertoner kan komma från att komponenter, såsom kraftelektronik, genererar frekvenser över 100 Hz som kan ge elstörningar hos annan elektronisk utrustning

Flera studier har tidigare identifierat att det kan bli problem om solceller ansluts osymmetriskt till trefassystemet med enfasväxelriktare, så att många anläggningar hamnar på en och samma fas. Problemen består i att det snabbare blir ”fullt” på elnätet, dvs. att det behövs färre antal solelanläggningar för att kvalitetsgränserna ska passeras. Denna problematik bedöms dock inte vara ett så stort hinder framöver, då de flesta idag använder trefasväxelriktare, i alla fall till större anläggningar. Rekommendationen från Energiföretagen Sverige är också att anläggningar över 2 kW bör ske med trefasig växelriktare[13]. Branschföreningen Svensk solenergi råder dessutom sina medlemsföretag att undvika enkelfasanslutningar överhuvudtaget.[14]

Elsäkerhetsverket har sett över gällande regelverk samt informationsbehovet hos allmänheten när det gäller säkerhetskrav vid installation, anslutning till elnätet och drift av solcellsanläggningar[15]. De föreslår i sin rapport en målgruppsanpassad webbsida där all typ av information som behövs inför upphandling, installation och driftsättning av solcellsanläggningar samordnas och samlas. Energimyndigheten stödjer detta och har i delrapport 1 av solelstrategin inkluderat Elsäkerhetsverkets förslag om målgruppsanpassad webbsida.

En annan fråga som diskuterats är risk för brand. Enligt Fraunhoferinstitutet i Tyskland kan solcellsinstallationer förvisso orsaka bränder, men det finns inget som pekar på högre risker än med andra elektriska installationer[16]. Viktigast för att få en hög brandsäkerhet är att installationer görs av kvalificerad personal. Om exempelvis anslutningen till solcellsmodulen är av bristfällig kvalitet kan en ljusbåge uppstå, vilket potentiellt kan orsaka bränder.

Det kan också finnas risker för brandmän vid släckning av bränder. Normalt ska det dock vara möjligt för en brandman att släcka en brand i solcellsanläggning med vatten från några meters avstånd utan att få en elektrisk stöt. Mer information om brandsäkerhetsfrågor finns i rapporten ”Recent Facts about Photovoltaics in Germany” från Fraunhoferinstitutet.[17]

---

[13] Svensk Energi (2014). Anslutning av mikroproduktion till konsumtionsanläggningar –MIKRO, 35135, Svensk Energi Utgåva 2, Stockholm.

[14] Lindahl, J. (2016). Muntlig information vid referensgruppsmöte för projektet ”Utbyggnad av solel i Sverige - möjligheter, utmaningar och systemeffekter” 2016-09-16.

[15] Elsäkerhetsverket (2015). Informationsbehov och elsäkerhetskrav rörande solcellsanläggningar, Dnr:15EV519.

[16] Fraunhofer ISE (2016). Recent Facts about Photovoltaics in Germany, https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf (Hämtad 2016-08-19).

[17] Fraunhofer ISE (2016), Recent Facts about Photovoltaics in Germany, https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf (Hämtad 2016-08-19).

3 Fas 1: Utmaningar och möjligheter fram till 2022

3.1 Elkvalitets- och elsäkerhetsutmaningar i lokal- och regionnät

Erfarenhet från utbyggnaden i andra länder pekar på att särskild uppmärksamhet bör ägnas åt spänningsvariation och effektflöde i ledningar[18]. Det finns också andra elkvalitetsparametrar, men dessa anses inte vara lika stora utmaningar.

Det finns internationella studier som pekar mot att överspänningsproblematiken till stor del skulle kunna hanteras genom smartare systemlösningar, såsom reaktiv effektkontroll[19] eller genom bättre anpassning av lindningsomkopplare i transformatorer efter elsystemets behov[20]. Dessa typer av åtgärder brukar gå under namnet systemtjänster, se faktarutan på nästa sida.

Flera studier (examensarbeten, vetenskapliga artiklar, rapporter etc) har publicerats de senaste åren som rör integration av solcellsel i svenska elnät. Den generella bilden är att i alla fall ungefär 30 % av den årliga elanvändningen inom ett lokalt elnät, går att täcka med solel utan att det inkräktar på elkvaliteten. Detta styrks bland annat i en nyligen genomförd fallstudie från Uppsala Universitet[21]. Denna gräns kallas för acceptansgräns, vilket betyder ungefär ”lokalnätens anslutningsmöjligheter med bevarad god elkvalitet”. Gränsen är dock hypotetisk och utgår från befintligt nät utan att utnyttja de systemtjänster som (som beskrivs i faktarutan).

Det finns internationella exempel på områden som nått en bra bit över 30 % solel, såsom exempelvis Brisbane i Australien. I sådana områden blir det nödvändigt att använda strategier för att minska elkvalitetsproblemen. Det historiskt mest självklara alternativet har varit att satsa på nätförstärkning, men det kan bli kostsamt. Dessutom belastar det alla kundernas elräkningar. Bättre vore att använda billigare metoder (såsom tidigare nämnda systemtjänster) för att öka möjligheten att integrera solel. Det finns dock en del faktorer som försvårar för denna utveckling, såsom elnätsbolagens incitamentstruktur, kunskap och kompetens, regelverk samt risker med ny teknik.

---

[18] Woyte, A., et al. (2006). Voltage fluctuations on distribution level introduced by photovoltaic systems. IEEE Transactions on energy conversion, 21(1), 202-209.

[19] Bletterie, B., et al. (2012). Development of innovative voltage control for distribution networks with high photovoltaic penetration. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 20(6), 747-759.

[20] PV Upscale (2008). Impact of Photovoltaic Generation on Power Quality in Urban areas with High PV Population: Results from Monitoring Campaigns.

[21] Lingfors, D., Marklund, J., & Widén, J. (2015). Maximizing PV hosting capacity by smart allocation of PV: A case study on a Swedish distribution grid. In *ASES Solar 2015, Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA, July 28–30, 2015.*

Spridning av solcellsanvändning sker fläckvis. Vissa områden kan därför få betydligt högre koncentration av solel än andra. Därför är det troligt att utmaningarna kring lokala elnät kommer att komma många år före det blir några marginella problem på det större nationella elsystemet.

Faktaruta: ”Möjliga systemtjänster som solcellsägaren kan bidra med”

Systemtjänster (eng. ancillary services) kan bland annat bidra till minskade kostnader för nätförstärkning. De olika systemtjänsterna har olika för- och nackdelar, och kan därmed bidra till olika typer av nyttor för elsystemet.

Spänningsreglering genom reaktiv effektkompensation är en av de systemtjänster som oftast nämns i samband med solcellers nätpåverkan. Reaktiv effektkompensation kostar ingenting för varken solcellsägaren eller nätägaren; det enda som görs är en inställningsändring på växelriktaren.

Effektbegränsning (eng. curtailment) innebär att elproduktionen under en kortare tid stryps, för att underlätta för elsystemet i stort. Detta kan användas vid timmar av överproduktion, antingen för att lösa lokala elkvalitetsproblem eller mer övergripande balansutmaningar. Genom att använda effektbegränsning bara ett antal timmar per år är det möjligt att få plats med fler och större solcellsanläggningar. Nackdelen är att det kostar för kunden i form av utebliven produktionsintäkt, samt att det kan vara svårt att koordinera inställningar i ett stort antal separata växelriktare.

Systemtjänster från **integrerade energilager.** Om solcellsägaren integrerar ett energilager i solcellssystemet (antingen i växelriktaren eller i en separat enhet) kan lagret bidra till en ökad efterfrågeflexibilitet samt minskade topplaster. På sikt kommer en solcellsägare troligtvis ha högre incitament än andra kunder att skaffa egen energilagring, eftersom egenanvändningen av egenproducerad solel då kan öka.

Minskade förluster i elnäten. Denna systemnytta gäller generellt för all distribuerad elproduktion. I och med att de lokala kraftverken ökar spänningen i elnätet så minskar styrkan på strömmen och därmed även nätförlusterna. Solcellsägaren får redan idag ekonomisk ersättning i form av nätnyttoersättning från elnätsägaren som ska motsvara de minskade nätförlusterna. Denna ersättning är typiskt på några ören per kilowattimme.

I och med att solceller oftast är lokaliserade nära användaren så är det generellt lägre överföringsförluster än för andra kraftslag, såsom exempelvis vattenkraft.

Energilager ger systemnytta

Lokal energilagring är exempel på en metod som kan tillföra flexibilitet till elsystemet. Flexibilitet kan dock även uppnås på andra sätt, exempelvis genom lastförskjutning eller utbyggnad av reglerkraft. Energilager kan bidra med nyttor till både elsystemet och användaren, och är av stort intresse vid utbyggnad av distribuerad förnybar elproduktion. Enligt exempelvis Vattenfall är pristrenden för batterier på sikt ännu brantare nedåt än den för solceller, detta främst på grund av utvecklingen inom elfordonsområdet[22].

[22] Rehnholm, T. (2016). Muntlig information vid referensgruppsmöte för projektet ”Utbyggnad av solel i Sverige - möjligheter, utmaningar och systemeffekter” 2016-09-16.

Det finns goda förutsättningar att samlokalisera batterilager med just solceller. Dels eftersom de båda är modulära (och därmed möjliga att få i exakt den storleken som passar för ändamålet), men också för att de funktionsmässigt kompletterar varandra. Solceller och batterilager gynnar varandra både privatekonomiskt och i ett större systemperspektiv. Den 6 oktober 2016 beslutades det om ett nytt investeringsstöd för lagringssystem för privatpersoner, som ersätter 60 % av kostnaderna. I dagsläget är dock de ekonomiska incitamenten för batterilager fortfarande relativt små, men med ett mer förnybart elsystem blir det alltmer lönsamt. I exempelvis Tyskland används solceller och batterier ofta tillsammans lokalt för att öka egenanvändningen och minska toppeffekten. Ju större ekonomiskt incitament det finns för att använda solelen själv istället för att mata in på nätet, desto större ekonomisk möjlighet finns också för att använda batterier för att ge systemnytta till elsystemet.

Distribuerade batterilager kan bistå elsystemet med ett antal nyttiga systemtjänster (frekvensreglering, effektbalansering, etc.), samtidigt som den bidrar till ekonomiska intäkter för ägaren. Det är dock viktigt att marknaden och styrmedlen är utformad för att ge korrekta styreffekter på kort och lång sikt. Forskningsutmaningar för batterilager är främst att få till ökad kostnadseffektivitet, smartare styrning, bättre miljöprestanda, ökad återvinningsbarhet samt höjd kvalitet/säkerhet.

Lösningsförslag fas 1: Lokal- och regionnät

Förslag 1: Komplettera solwebbplattformen med en ingång för elnätsföretag. En solwebbplattform föreslogs redan i första delrapporten för solstrategin och det vore gynnsamt att inkludera elnätsfrågorna i plattformen. Initiera ett samarbete mellan berörda myndigheter och företag för att utveckla innehållet, exempelvis kring systemtjänster, kravställning, styrning och dimensionering. Syfte är att bidra med kunskaps- och kompetensuppbyggnad och göra utbyggnaden billigare och smidigare.

Förslag 2: Utred i vilken mån lokalnätens anslutningsmöjligheter med bevarad god elkvalitet innebär ett hinder för solelutbyggnaden i Sverige, utifrån olika storlekar på utbyggnadsnivå. Eventuellt föreslå åtgärder, exempelvis avseende systemtjänster såsom spänningsreglering.

Förslag 3: Bevaka utvecklingen inom batterilagring. Det finns ett behov av att följa utvecklingen och göra ytterligare studier kring synergierna mellan solceller, batterier och efterfrågeflexibilitet.

Förslag 4: Initiera fler forskningsprojekt och studier om solcellsutbyggnad i lokal- och regionnät, om utmaningarna med hög andel solel i elsystemet. Speciellt avseende kopplingen mot smarta elnät, dvs. hur dra nytta av ökad digitalisering och användarflexibilitet. Detta ingår i nuläget i Energimyndigheten forskningsstrategier, och bör fortsätta att göra det.

3.2 Marknadsdesign

Mer sol i elsystemet kan komma att innebära andra typer av utmaningar för elnätsbolagen än de rent tekniska. Vid en ökad andel sol i lokalnäten kan elnätsägarna komma att behöva hantera en annan typ av problematik i framtiden än i dagsläget

med större andel omvända effektflöden. Med periodvis stor produktion av solel i lokalnätet kan nätet behöva transportera el från lokalnätsnivå till regionalnäten och i och med detta mata upp effekt istället för som i nuläget mata ned effekt. Behov av närmare reglering eller ansvarsfördelning mellan nätägare skulle därför behöva utredas vidare. Energimarknadsinspektionen ansvarar för tillsyn och regelgivning och kan föreskriva om de krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet. [23] [24]

Lösningsförslag fas 1, Marknadsdesign:

Förslag 5: Utred om och i så fall i vilken utsträckning en aggregerad mängd solel på lokalnätsnivå kan påverka elkvaliten i gränspunkten mot regionnät. Energimarknadsinspektionen ansvarar för tillsyn och regelgivning och kan föreskriva om de krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet.

[23] Energimarknadsinspektionen (2013), Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet; EIFS 2013:01.

[24] Energimarknadsinspektionen (2011) Handbok för tillämpning av föreskrifterna om leveranskvalitet; EIFS:2011:2, sida 12.

4 Fas 2: Utmaningar och möjligheter fram till 2040

I solstrategin antas solelproduktionen stå för mellan 7–14 TWh av den svenska elproduktionen år 2040. Detta kommer att medföra både utmaningar och möjligheter på samtliga nivåer i elnätet. Småskalig solelproduktion kan antas vara välutbyggd och även anläggningar med storskalig solelproduktion kan finnas i elsystemet.

4.1 Utmaningar för lokal- och regionnät

I fas 2 kommer samma utmaningar som under fas 1 vara aktuella men i ännu större omfattning. Det uppstår ett ännu större behov av att koordinera säkerhetsinställningar i solcellsväxelriktare. Det är troligt att detta behov kommer att mötas genom gemensamma standarder i EU, exempelvis kommande RfG-standarder (Requirements for Generators).

Aspekter kring en ökad andel solel i elnätet lyfts fram i en studie av Elforsk, ”Framtidens krav på elnäten”[25], där ett scenario för elsystemet till 2037 tagits fram. En ökad andel solel i lokalnäten kommer enligt studien att medföra ett omvänt nettoflöde under framförallt sommaren. Studien visar däremot att det omvända flödet inte kommer att bli dimensionerande för effekten och att kapaciteten i befintliga elnät är tillräcklig.

Andra studier visar på att det antagligen kommer att krävas förstärkningar i lågspänningsnäten för att klara den ökande mängden sol. Inom projektet *Vägval el* har delrapporten ”Sveriges framtida elnät” tagits fram.[26] Här har olika aspekter undersökts som är viktiga för ett framtida elnät. Ett scenario som tagits fram är med en stor andel vind och sol, där andelen sol är 15 TWh. Den totalt installerade effekten kommer att öka i samtliga elområden, och framförallt i SE3. Detta är en stor utmaning då den tillgängliga effekten i vissa fall kan vara fem gånger större än behovet. Enligt studien kräver detta en utbyggnad av elnäten då det är effekten som styr hur näten kommer att dimensioneras här. Det maximala effektflödet i näten kommer att styras av den variabla elproduktionen snarare än det maximala effektbehovet i användningen.

Framtida kapacitetsförstärkningar bör genomföras inom ramen för existerande planer för att förnya elnäten då det är elbolagens ansvar att bibehålla en god elkvalitet. Utmaningen är att veta var och när de här förändringarna bör ske. Investeringarna av nya nät idag motiveras av en kombination av att behålla leveranssäkerheten samt att öka kapaciteten i regioner med ny elproduktion.

[25] Elforsk (2014), Framtidens krav på elnäten, Elforsk rapport 14:26.

[26] IVA (2016). Sveriges framtida elnät – en delrapport, IVA-projektet Vägval el.

Vilka investeringar som prioriteras bestäms av den rådande regleringsmodellen, som idag styr mot leveranssäkerhet och effektivt utnyttjade av elnäten.

Lösningsförslag 4, angående fler forskningsprojekt och studier i lokal- och regionnät från fas 1, är aktuellt även här i fas 2.

4.2 Marknadsdesign

Med en ökad utbyggnad av solel i framtiden skulle utformningen av nätavgifterna behöva ses över. Det finns idag inget krav på fasta nätavgifter i ellagen och allt från helt rörliga till helt fasta tariffer förekommer. Med fasta nätavgifter minskar värdet av solceller för mikroproducenten då den kostnaden kan bli stor i relation till hur mycket producenten använder nätet. För att gynna solel skulle ett alternativ kunna vara att mikroproducenten betalar en lägre nätavgift alternativt att avgiften är rörlig.

En annan aspekt är vilken roll elnätet kan komma att spela om mängden solel ökar i framtiden. Med en större mängd solel i elsystemet kan mikroproducenterna bli självförsörjande på el under en viss del av året, men kommer under vinterhalvåret fortfarande vara beroende av det fasta elnätet. I nuläget är svenska lokalnät oftast dimensionerade utifrån maxbelastningen vintertid. I framtiden däremot, då elnätet kan behöva förnyas, är frågan hur nätet ska dimensioneras om det finns en stor andel mikroproduktion i systemet. I en framtid med stor andel mikroproduktion är det snarare möjligt att produktionstoppen under sommaren kan bli en dimensionerande faktor för ett flertal nät.

Det pågår i nuläget ett omfattande arbete på EU-nivå med ett gemensamt regelverk för bland annat marknadsdesign. De första förslagen kommer att presenteras i slutet av 2016 men kommer inte att införlivas förens efter 2022. Detta regelverk kan komma att begränsa handlingsutrymmet för Sveriges möjlighet att utforma det egna regelverket och bör bevakas kontinuerligt.

Lösningsförslag fas 2, Marknadsdesign:

Förslag 6: Utred om elnätsbolagens nuvarande roll och uppdrag innebär ett hinder för vidare utbyggnad av solel.

Förslag 7: Bevaka hur marknads- och incitamentsystemen för lokal- och regionnät klarar den pågående utbyggnaden av solel. Går det att skapa nya incitament som gynnar solelutbyggnad samt ett effektivt utnyttjande av elnäten?

4.3 Utmaningar för det nationella transmissionsnätet

Enligt observationer från andra länder finns det utmaningar för regleringen av transmissionsnätet i den här fasen vilket kan innebära en ökad risk för tillförlitligheten. När det gäller det svenska transmissionsnätet kommer det med största sannolikhet att finnas ett antal utmaningar med en ökad andel solenergi i denna fas i utbyggnaden.

I nuläget finns det ett begränsat antal studier genomförda på hur just en ökad andel solel påverkar det svenska elsystemet, däremot finns det flera undersökningar av hur variabel elproduktion påverkar systemet. Svenska kraftnät har på uppdrag av regeringen, i nära samarbete med Energimyndigheten och Energimarknadsinspektionen, utrett hur elsystemet påverkas av en ökad andel variabel elproduktion och har sammanställt ett antal utmaningar för det framtida elsystemet.[27] Svenska kraftnät lyfter framförallt fram utmaningarna som rör reglering och balansering av elsystemet samt hur systemtjänsterna påverkas. Just när det gäller regleringen av kraftsystemet med ett stort inslag av variabel produktion har forskningsprojektet NEPP under 2016 presenterat en rapport på området.[28] Det finns som tidigare nämnts erfarenheter från andra europeiska länder, såsom Tyskland och Italien, där andelen solel är hög i elsystemet och faktiska observationer har gjorts vilka kan bidra till lärdomar för det svenska elsystemet.

4.3.1 Ökat behov av systemtjänster i transmissionsnätet

Systemtjänster är ett samlingsbegrepp för funktioner som tillhandahålls för att stötta och stabilisera kraftsystemet. Funktionerna är grundläggande för kraftsystemet för att möjliggöra en driftsäker och stabil elkraftsproduktion och effektöverföring. Spänning- och frekvensreglering, driftreserver, svängmassa och nätstyrka är exempel på systemtjänster som kan komma att påverkas av en ökad andel solel i elsystemet i framtiden.

Svängmassa

Svängmassa kommer framförallt från den roterande massan i turbiner och generatorer i kraftverk, så kallad upplagrad rörelseenergi. Solkraft bidrar inte med mekanisk svängmassa och stabilitet vid störningar, vilket kan skapa problem i elnätet. När generatorernas stöttande egenskaper vid störningar försvinner kan det medföra konsekvenser för kapaciteten i överföringssystemet och även för driftssäkerheten. Läs mer om svängmassa i Svk:s rapport.[29]

NEPP-rapporten har analyserat hur den mekaniska svängmassan påverkas i ett system med mer vind och sol. Slutsatsen är att nivån av svängmassa ganska snart (5–10 år) kommer att understiga dagens ”lägsta nivå”. Hur kritisk den nivån är måste däremot analyseras vidare. Det finns flera tekniska lösningar för att ersätta den mekaniska svängmassan, som kommer att försvinna om kärnkraften helt eller delvis ersätts med vind och sol.[30] Den stora utmaningen är däremot att skapa incitament för att ersätta den mekaniska svängmassan vid rätt tidpunkt. I dagsläget saknas sådana incitament enligt rapporten.

[27] Svenska kraftnät (2015), Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion.

[28] NEPP (2016), Reglering av kraftsystemet med ett stort inslag av variabel produktion.

[29] Svenska kraftnät (2015). Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion.

[30] NEPP (2016). Reglering av kraftsystemet med ett stort inslag av variabel produktion.

Problemen med minskad svängmassa är en nordisk angelägenhet vilket bör lösas i det nordiska samarbetet, och det pågår i dagsläget arbete både på Svenska kraftnät och i nordiska arbetsgrupper. Förutsättningar för en gemensam marknadslösning bör undersökas närmare enligt Svenska kraftnät.

Spänningsreglering

Spänningen i kraftsystemet regleras genom tillförsel eller uttag av reaktiv effekt[31]. Det är viktigt att den reaktiva effekten produceras eller konsumeras på ”rätt” ställen i nätet för att säkerställa överföringskapacitet och driftsäkerhet. En stor andel av den förnybara, icke planerbara produktionen ansluts i större omfattning till de regionala och lokala näten och ersätter spänningsreglerande generatorer anslutna till transmissionsnätet. Spänningsregleringen i nätet kommer att försämras eftersom förmågan hos de anläggningar som är anslutna till underliggande nät inte når transmissionsnätet. Behovet av spänningsreglerande åtgärder för transmissionsnätet har ökat och kommer att fortsätta att öka, vilket gäller både för att kunna reglera spänningen upp och ned. Den framtida spänningsregleringen av stamnätet är inte ett tekniskt komplicerat problem men kan komma att öka kostnaderna för stamnätsdriften. Den reaktiva effekten är dessutom ett lokalt problem och lämpar sig inte för en marknadslösning. Läs mer om spänningsreglering i transmissionsnätet i Svk:s rapport[32].

Lösningsförslag fas 2, Systemtjänster i transmissionsnätet:

Förslag 8: Bevaka så att aspekter kring solelutbyggnad inkluderas i pågående och framtida arbete kring systemtjänster i transmissionsnätet. Detta gäller framförallt hur en gemensam marknadslösning för svängmassa skulle kunna utformas.

4.3.2 Effekter på regleringen av elsystemet

Solenergin är en resurs som varierar i styrka vilket ökar behovet av flexibilitet i kraftsystemet på både kort och lång sikt. Det innebär även en osäkerhet då det är svårt att göra bra prognoser framåt vilket skapar utmaningar för att upprätthålla balansen i systemet. Med en ökad mängd varierande kraft kommer det att krävas en mer flexibel reglering för att kunna möta efterfrågan. Vattenkraften används i nuläget till att reglera elsystemet och är därför en möjliggörare för produktionen av solel i systemet. Även en ökad efterfrågeflexibilitet kommer att bli viktig och bidra till effektiva lösningar.

[31] I elnät och elledningar transporteras el i två former: aktiv effekt och reaktiv effekt. Den aktiva effekten är den önskvärda effekten som kan uträtta arbete medan den reaktiva effekten är nödvändig i stort sett bara på vissa ställen i elnätet. Reaktiv effekt behövs exempelvis för att magnetisera elmotorer så att de kan starta, den behövs då bara i elledningen nära motorn. Men ute på elnätet är den reaktiva effekten ungefär som skummet i ett ölglas - det är visserligen också ”öl” liksom den aktiva effektens ”rinnande öl” men det stjäl onödigt utrymme. http://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/faskompensering (hämtad 2016-09-19).

[32] Svenska kraftnät (2015). Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion.

Utmaningarna kopplat till reglering av kraftsystemet kommer att variera över året. På sommaren kommer solelen tidvis att producera på max samtidigt som efterfrågan på el är låg. Här kommer fokus att ligga på att hantera balanseringen i elnätet på dygns- och timnivå. Stora mängder solelproduktion kan komma att förstärka de överskottssituationer som kan uppkomma sommartid när låg elförbrukning kombineras med stora mängder vindkraft. Svenska kraftnät lyfter fram att mikroproduktion bör kombineras med lagringsmöjligheter för att bidra med systemnytta ur flexibilitetssynpunkt. Systemnyttan är viktig när styrmedel och stöd för mikroproduktion utformas så att elmarknadens signaler fångas upp. Här kan även efterfrågeflexibilitet bidra genom att öka elanvändningen, vilket minskar behovet av reglering.

På vintern däremot kommer solelproduktionen att vara lägre samtidigt som elkonsumtionen är hög. Här kan regleringen bli mer utmanande då vattenkraften både används till elproduktion samtidigt som den ska användas till reglering av elsystemet. Vid en större andel solel i elsystemet kommer det skapas ytterligare behov av säsongslager. Det kommer även finnas behov av en ökad flexibilitet för att minska elkonsumtionen under vintern. Detta bör undersökas närmare och arbete pågår med att modellera solelens påverkan på kraftsystemet bland annat inom Solel-programmet[33].

Med en större andel variabel elproduktion kommer kraven på reglering av elsystemet att öka. Det finns inga studier specifikt kring hur en ökad andel solel påverkar regleringsfunktionen men Vattenfall har genomfört analyser med avseende på hur en större mängd vindkraft i elsystemet kommer att påverka regleringen och hur vattenkraften kan balansera systemet[34],[35]. Dessa analyser visar att vattenkraften skulle kunna hantera effektnivåer om cirka 13 000 MW vindkraft. Tidsperioden är dock godtyckligt vald i analysen och resultatet säger inget om vad vattenkraften förmår att balansera generellt.

Andra studier som genomförts med avseende på kraftsystemets balansering är bland annat studien ”På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige”.[36] Här studeras scenarier med 48 TWh vind och 12 TWh sol. Även här pekar resultaten på att cirka 12 000 MW vindkraft kan integreras i systemet utan att regleringsförmågan påverkas. Studien indikerar att det inte finns några oöverstigliga hinder ur balanseringsperspektiv med en ökad mängd variabel kraft men förslår också en rad detaljerade studier som bör genomföras framöver för att få mer kunskap i frågan.

Ett hinder som framförts under arbetet med strategin är att utökad reglerkraft saknas för en utbyggnad av solel, samt att säsongsvariationer i behov och inflöde inte sammanfaller. Flera av de studier som genomförts, och delvis redovisats här i rapporten, visar på att en viss utbyggnad av variabel kraft skulle kunna hanteras inom befintlig

[33] Profu genomför ett projekt inom Solel-programmet ”Utbyggnad av sol i Sverige - möjligheter, utmaningar och systemeffekter”, som ska vara klart under 2016.

[34] Lönnberg, J., Bladh, J. (2014). Flexibility and regulation capability of hydropower systems to balance large amounts of wind power: Influence of plant properties and hydrological conditions. In *13th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems as well as on Transmission Networks for Offshore Wind Plants, Berlin, Germany, 11–13 Nov. 2014.*

[35] Svenska kraftnät (2015). Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion.

[36] Lennart Söder (2014). På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige, version 4.0.

regleringskraft. Det är viktigt att fortsätta att studera aspekter kring regleringsproblematiken och vidta åtgärder i tid för att utöka den. Här bör aspekter kring integrering av solel få en större roll vid sidan av vindkraften. När det gäller en eventuell ökning av vattenkraftens reglerförmåga är det angeläget att den ökas i den mån det är förenligt med de krav som följer av EU:s ramdirektiv för vatten. Det finns fler sätt att öka flexibiliteten, exempelvis batterier, som tidigare nämnts, men även användarflexibilitet.

Nationella elsystem kontrolleras ofta av en transmissionssystemoperatör (TSO). I exempelvis Australien har solel gått från att helt falla utanför systemoperatörens kontroll till att mer och mer inkluderas i planeringen. Fortsättningsvis kommer exempelvis alla större solcellsanläggningar (> 30 MW) att kunna schemaläggas av kraftsystemoperatören. Studier pekar där också på att ett kostnadsoptimalt framtida elsystem består av 15–30 % solel, och att ett helt förnybart elsystem är tekniskt möjligt. Australien identifierar dock prognostisering samt drift och planering av kraftsystem som områden där mer forskning behövs, vilket även är intressant att studera närmare också här i Sverige redan innan utbyggnaden av solel når större volymer.[37]

År 2015 inträffade en solförmörkelse i Europa som på många sätt innebar ett stresstest för system med stor andel solel. I Tyskland, som då hade 37 GWp total installerad effekt, förberedde nätägarna sig genom noggrann planering, mer kraftreserver, fler i driftspersonalen samt ändrad tidsupplösning på korttids-regleringen. Slutsatsen visar att de meterologiska prognoserna hade varit väldigt exakta, och att vissa nät till och med hade mindre avvikelse än normalt när det gällde dagen-innan-prognosen. En analys pekar på att vissa typer av svårprognostiserade molntyper kan innebära större utmaningar än solförmörkelser, och att prognostisering därför är ett område som behöver mer kunskap.[38]

Lösningsförslag fas 2, Regleringen av elsystemet:

Förslag 9: Bevaka kontinuerligt reglerförmågan i kraftsystemet med avseende på en ökad mängd installerad solcellskapacitet kopplad till elsystemet. Att hantera framtida reglering med mer variabel kraft i elsystemet ligger inom Svenska kraftnäts ansvarsområde. När det gäller solel kan det vid sidan om bevakning även finnas ett potentiellt utredningsbehov.

Förslag 10: Forskningsstudier för att titta närmare på både prognostisering samt planering och drift av elsystem med hög andel solel. Ingår i forskningsstudier finansierade av Energimyndigheten och bör fortsätta att göra det framöver.

[37] IEA PVPS (2014). Power System Operation and Augmentation Planning with PV Integration T14:04-2014.

[38] IEA PVPS (2016). How an energy supply system with a high PV share handled a solar eclipse. Report IEA-PVPS T14-06:2016. http://apvi.org.au/wp-content/uploads/2016/08/PVPS-_T14-06_2016_EuropeanSolarEclipse2015inGermany.pdf (hämtad 2016-09-04).

4.3.3 Kapaciteten i transmissionsnätet

Ett hinder som påtalats i arbetet med solstrategin har berört kapacitetsfrågan och att det nationella transmissionsnätet i Sverige saknar den kapacitet som en ökad solelproduktion skulle kräva.

Kapacitetsproblematiken bör hanteras inom befintliga investeringsplaner, där en stor del av det svenska elnätet ska bytas ut under de kommande åren. Dessutom är det inte tydligt att belastningen generellt sett kommer att öka på elnätet. Möjligheten att reglera och anpassa elsystemet med mer variabel kraft skulle snarare kunna minska belastningen på nätet. En ökad andel solel kan medföra att belastningen på elnätet minskar då fler producerar och använder sin egen el. Det är däremot viktigt att en ökad mängd solel inkluderas i pågående studier och planer så att det inte är enbart vindkraftsproduktionen som blir styrande.

Lösningsförslag fas 2, Kapacitetsförstärkningar i transmissionsnätet:

Förslag 11: Utred hur en ökad andel solel påverkar belastningen på transmissionsnätet för att därefter eventuellt analysera ett behov av nätförstärkningar, överföringsförbindelser eller smart styrning av elnätet.

5 Fas 3: Utmaningar och möjligheter efter 2040

Strategin sträcker sig fram till år 2040. På så lång sikt är det svårt att sia om teknik- och marknadsutveckling. Det finns i dagsläget ett antal tekniker på forskningsstadiet som skulle kunna slå igenom på 20–25 års sikt och därmed ändra förutsättningarna i grunden för solcellsteknikens möjligheter. Dessutom kan kultur och beteende ändras mycket över en så lång tidsperiod. Här följer en lista med exempel på potentiella ”speländrande faktorer” (game changers):

- Solceller som till en låg kostnad kan integreras i alla typer av ytor (vägar, tak, fasader, hemelektronik, fordonstak). Hur inverkar en sådan trend på elnätet?
- Väsentligt högre verkningsgrad till låg kostnad. Så kallade tandemsolceller blir mainstream. Detta innebär en större potential, och billigare utbyggnad, vilket ger större elsystempåverkan.
- Billigare lagring, såsom flödesbatterier, vätgas/bränsleceller etc. Fler vill leva off-grid, och kopplar bort sig från nätet (säsongsvis eller permanent).
- Mer flexibilitet på användarsidan. Med större inslag av smarta kontroll- och styrsystem för industri och hushåll skulle en större del av variabel el kunna nyttiggöras lokalt.

Solelutbyggnad efter 2040 bör enligt strategin ske på kommersiella villkor, utan investeringsstöd och skattereduktion. Enligt Energimyndighetens rapport ”Fyra framtider”[39] visar modellkörningar utifrån dagens kunskapsnivå att elpriserna ökar i framtiden (främst på grund av ökat pris på koldioxidutsläpp). Detta skulle gynna ny elproduktion, från exempelvis solceller.

Dock finns det också flera bromsande faktorer, exempelvis

- tillgången på lämpliga takytor,
- tillgången på intresserade kunder, samt
- faktumet att ju mer solceller som byggs, desto mindre blir solelen i snitt värd. Detta eftersom all solel produceras ungefär samtidigt, och att det riskerar att bli överskott dessa tidpunkter. Denna företeelse kallas för profilkostnad, och är något som speciellt drabbar icke styrbara energiresurser såsom sol och vind. Utifrån ”Fyra framtider” går det att dra slutsatsen att en solcellsägare för den utbyggnad som strategin har för målpunkt 2040 får ca 20 % mindre betalt än spotpriset, sett under ett år.

Det finns alltså både accelererande och bromsande faktorer för utbyggnaden efter 2040. Ett scenario är att utvecklingen någon gång i framtiden kommer att hitta ett

[39] Energimyndigheten (2016), Fyra framtider - Energisystemet efter 2020, ET 2016:04.

balansläge, där nya anläggningar mest byggs för att ersätta gamla uttjänta anläggningar. Just när detta tillfälle inträffar är dock svårt att prognostisera, eftersom flera av de ingående variablerna är okända. Ett annat scenario är att solceller under en lång tid framöver fortsätter att bli billigare samt mer miljömässigt hållbara, och att det tillkommer ny elanvändning alternativt lagringsteknik som kan nyttiggöra tillskottet. I det scenariot kommer alltså både produktion och användning att fortsätta öka bortom 2040. Det kan antas att det sista scenariot är mer beroende av nya affärsmodeller och innovationer som både gör det mer lönsamt med solel samt underlättar för integrationen i elsystemet.

6 Sammanställning av lösningsförslagen

Fas 1 (fram till 2022):

Lösningsförslag

- Komplettera solwebbplattformen med ingång för elnätsföretag och elnätsfrågor.
- Utred om lokalnätens anslutningsmöjligheter med bibehållen god elkvalitet innebär ett hinder för utbyggnaden av solel.
- Bevaka utvecklingen inom batterilagring samt ytterligare studier kring synergierna mellan solceller, batterier och efterfrågeflexibilitet.
- Initiera fler forskningsprojekt och studier om solcellsutbyggnad i lokal- och regionnät, om utmaningarna med hög andel solel i elsystemet.
- Utred om och i så fall i vilken utsträckning en aggregerad mängd solel på lokalnätsnivå kan påverka elkvaliten i gränspunkten mot regionnät.

Fas 2 (fram till 2040):

Lösningsförslag

- Utred om elnätsbolagens nuvarande roll och uppdrag innebär ett hinder för vidare utbyggnad av solel.
- Bevaka hur marknads- och incitamentsystemen för lokal- och regionnät klarar den pågående utbyggnaden av solel.
- Bevaka så att aspekter kring solelutbyggnad inkluderas i pågående och framtida arbete kring systemtjänster i transmissionsnätet.
- Bevaka reglerförmågan i kraftsystemet med avseende på en ökad andel sol.
- Initiera forskningsstudier för att titta närmare på både prognostisering samt planering och drift av elsystem med hög andel solel.
- Utred hur en ökad andel solel påverkar belastningen på transmissionsnätet för att därefter eventuellt analysera ett behov av nätförstärkningar, överföringsförbindelser eller smart styrning av elnäten.

7 Lista över rapporter

Här listas de övriga rapporterna som Energimyndigheten tagit fram i arbetet med solstrategin:

- ER2016:06, Delredovisning av uppdraget att ta fram ett förslag till strategi för ökad användning av solel
- ER2016:16, Förslag till strategi för ökad användning av solel
- ER2016:20, Förslag till heltäckande solelstatistik
- ER2016:21, Vad styr och vad bromsar solel i Sverige?
- ER2016:23, Solceller i omvärlden
- Energimyndighetens forsknings- och innovationsstrategi för solelområdet

Ett hållbart energisystem gynnar samhället

Energimyndigheten arbetar för ett hållbart energisystem, som förenar ekologisk hållbarhet, konkurrenskraft och försörjningstrygghet.

Vi utvecklar och förmedlar kunskap om effektivare energianvändning och andra energifrågor till hushåll, företag och myndigheter.

Förnybara energikällor får utvecklingsstöd, liksom smarta elnät och framtidens fordon och bränslen. Svenskt näringsliv får möjligheter till tillväxt genom att förverkliga sina innovationer och nya affärsidéer.

Vi deltar i internationella samarbeten för att nå klimatmålen, och hanterar olika styrmedel som elcertifikatsystemet och handeln med utsläppsrätter. Vi tar dessutom fram nationella analyser och prognoser, samt Sveriges officiella statistik på energiområdet.

Alla rapporter från Energimyndigheten finns tillgängliga på myndighetens webbplats www.energimyndigheten.se.

Energimyndigheten

Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se