

NYA FLÖDEN I LOKALA ELNÄT

RAPPORT TILL ÅFORSK



**INDUSTRINÄTVERKET
ELKRAFT**



Nya flöden i lokala elnät

Rapport till Åforsk

ROBERT DJURBERG OCH SANNA HAGERUD

© Energiforsk dec 2019

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

Förord

Nya flöden i lokala elnät är ett projekt inom industrinätverket Elkraft, och bedrivs som en del av nätverkets verksamhet under perioden 2017-2020. Syftet med projektet är att i samverkan identifiera och bevaka de nya trender och faktorer som påverkar lokalnätens drift och utbyggnad.

Arbetet inom projektet bedrivs i samverkan mellan Elkrafts medlemsföretag och Energiforsk. Denna rapport är resultatet av en förstudie som genomfördes under sommaren 2019, samt vidare arbete inom projektet under hösten 2019. Energiforsk kommer att fortsätta arbetet under 2020.

Förstudien är till stora delar skriven av Robert Djurberg, med tillägg och uppdateringar av Sanna Hagerud. Rapporten är sammanställd av Sanna Hagerud. Slutsatser och rekommendationer är en sammanslagning av de båda författarnas arbeten.

Summary

The main trends that are affecting the local grid today are integration of distributed generation and electrification of new sectors of the society, mainly the transport sector and part of the industry. The local grid will also be affected by an increasing amount of demand-response, energy storage and flexibility services. EU calls for a development of increased amount of management and control system in distribution system operation, and an opening of markets to new types of flexibility providers.

The main challenges concerns planning and building lead times for grid capacity and uncertainties about investments and regulations, but there are also issues about keeping track of power quality.

Recommendations for local grid owners are:

- Investigate and map the capacity and the potential of flexibility and increased management in your grid. To know is to be prepared.
- Investigate how demand-response could optimize your local grid, and also how the demand-response and optimization of other actors will affect your grid.
- Cooperate to keep track of the development of technics, policies and regulations.
- Identify common requirements on the grid for different scenarios, to have something to start with.
- Communicate your knowledge and experiences to the new, emerging actors who are planning to connect to the grid. Both you and them will benefit of the sharing of knowledge, and you will all be able to make more accurate plans for connecting to the grid.
- Develop tools such as key indicators and standardized collection of data from smart meters, to facilitate the mapping of grid and flexibility capacity.
- Make sure to keep track of power quality.

Conclusions are that local grid owners can be proactive by mapping the capacity and potential for different technics in their grids, and by communicating their knowledge to all the different actors that are planning to use the grid. They thereby maximize the potential of coordinating grid development and capacity plans with the plans of other actors. If the local grid owners are reactive, there is a risk of delaying the development towards a fossil free society if other actors do not make realistic plans of connecting to the grid.

Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte och frågeställning	5
1.3	Metod	5
2	Workshops	6
3	Förstudie	7
3.1	Definitioner	7
3.2	Framtidens elanvändning	8
3.2.1	Transportsektorn	8
3.2.2	Industri	16
3.3	Framtidens elproduktion och distribution	17
3.3.1	Mikroproduktion från solen	17
3.3.2	Flexibilitet	18
3.3.3	Elkvalitet	22
3.3.4	Elsäkerhet	22
3.3.5	Framtidens nät	23
3.3.6	Investeringar i elnätet	26
4	Sammanställning och rekommendationer	29
4.1	Förstudien	29
4.2	Rekommendationer	30
4.3	Fortsatt arbete	31

1 Inledning

Inom projektet Nya flöden i lokala elnät identifieras och bevakas faktorer och trender som påverkar lokalnätets drift och utbyggnad.

1.1 BAKGRUND

Av Sveriges ca 165 elnätsägare är majoriteten mindre, privat eller kommunalt ägda, lokala aktörer. De ser ett behov av gemensamma satsningar för att kartlägga hur kraven på deras elnät kommer att förändras av den förestående energiomställningen, och för att utreda vilka åtgärder som behöver vidtas. Detta projekt har initierats och drivits av Arvika Elnät AB, Borås Elnät AB, Elinorr AB, Habo Energi AB, Ronneby Miljö och Teknik AB, Skellefteå Kraft, Varbergssortens Elkraft ek.för. och Öresundskraft tillsammans med Energiforsk.

1.2 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING

Syftet med rapporten är att sammanfatta hur dagens lokala elnät påverkas av trender inom distribuerad produktion, nya laster och ett breddat aktörsnätverk med nya effektlöden, regelverk och affärsmodeller. Åtgärder som kan vara intressanta för nätägare ska identifieras och motiveras. Produkten ska formulera en följd av forskningsfrågor som ska ligga till grund för framtida satsningar.

Rapporten baseras på följande frågeställningar:

- Vilka trender påverkar det lokala elnätet?
- Hur ska en lokal nätägare förhålla sig till dessa trender och vilka beslut är lämpliga att överväga för att bemöta dessa?
- Vilka konsekvenser kan besluten bidra till och hur påverkas det lokala nätet av dessa konsekvenser vad gäller robusthet och hållbarhet?
- Hur utvecklas den hållbara staden genom att elnätet tar en proaktiv roll som facilitator för energibesparande tjänster?
- Hur utvecklas den hållbara staden genom att elnätet tar en reaktiv roll då nya krav ställs från det hållbara samhället?

1.3 METOD

Initialt anordnades två workshops, där lokalnätsägare identifierade och diskuterade relevanta frågeställningar och trender. Därpå utförde Robert Djurberg en förstudie under sommaren 2019, där aktuella rapporter, statistik och projekt sammanställdes och beskrevs. Förstudien inkluderar även tre intervjuer med företrädare för lokalnätsföretag. Under hösten har sedan relevanta projekt följts upp och nya har identifierats. Resultaten från samtliga aktiviteter har sammanställts i denna rapport av Sanna Hagerud.

2 Workshops

Workshop 1 anordnades i Stockholm den 25:e oktober 2018 med ca 15 deltagare.

Workshop 2 anordnades i Varberg den 22:a maj 2019 med ca 40 deltagare.

På dessa workshops identifierades och diskuterades de frågeställningar som deltagarna såg som viktigast att fokusera fortsatt arbete på. Frågeställningarna avspeglas i förstudiens rubriker och innehåll.

3 Förstudie

Denna förstudie genomfördes under sommaren 2019, och uppdaterades under senhösten och vintern 2019.

3.1 DEFINITIONER

Elmarknadens utformning styrs i stor del av ellagen, som bland annat fastslår att elhandel och nätverksamhet inte får bedrivas av samma juridiska person. Det innebär att handel och nätverksamhet måste vara åtskilda i olika organisationer. Nedan följer beskrivningar av de huvudsakliga aktörerna.

Elanvändare är företag eller privata personer som tar ut elektrisk energi från elnätet och använder den. För nyttjande av elnätet råder det ett avtalsförhållande mellan användaren och elnätsföretaget. Detsamma gäller för ett avtal om elpris mellan användaren och elhandelsföretaget. Användaren är geografiskt bunden till elnätsföretaget men kan välja vilket elhandelsföretag denne vill sluta avtal med.

Elproducenter producerar el som matas in i nätet. Elen säljs till elhandelsföretagen.

Elnätsföretag ansvarar för drift, underhåll och utbyggnad av elnätet. El transporteras från produktionsanläggningar till användare via stam-, region- och lokalnät med olika nätägare. För att få bygga och driva starkströmsledningarna måste företagen ha nätconcession, vilket de får från Energimarknadsinspektionen. Stamnätet ägs av Svenska kraftnät, som även är en systemansvarig myndighet, medan region- och lokalnät kan ägas av privata och kommunala organisationer.

Elhandelsföretagens främsta roll är att köpa in och sälja vidare el. Detta kan göras direkt från producent eller från en elbörs. De kan även vara balansansvariga för produktion och förbrukning. Denna tjänst kan även utföras av ett annat företag men måste på något vis förekomma enligt ellagen. Elbörsen tillåter elhandelsföretag att handla med el på den fria marknaden i konkurrens med andra. Den nordiska elbörsen, Nord Pool, ägs av nordiska systemansvariga organisationer.

Ansvariga myndigheter:

- Svenska kraftnät är systemansvarig och förvaltar och planerar stamnätet, samt sköter vissa nät- och balanstjänster såsom frekvensbalansering i nätet.
- Energimarknadsinspektionen analyserar utvecklingen på energimarknaden samt agerar nät- och tillsynsmyndighet enligt ellagen.
- Statens energimyndighet är förvaltningsmyndighet för frågor om användning och tillförsel av energi.

Nya aktörer inkluderar producenter av distribuerad produktion. Utvecklingen och etableringen av vindkraft öppnade möjligheter för nya aktörer på elmarknaden, då energislaget var skalbart och gavs frihet till placering som inte tidigare var möjligt. Solkraften har ändrat om elmarknaden på ett annorlunda sätt där tidigare konsumenterna nu även kan producera, så kallade prosumenter. Nya laster från

bland annat en elektrifierad transportsektor och efterfrågefleksibilitet presenterar nya aktörer på konsumentens sida. Både nya typer av operatörer, som kan driva laddstationer, elvägar, energilagrar eller agera som aggregatorer, finns med i de framtida scenarier som målas upp. Det ökade engagemanget kommer även ställa nya krav på de redan etablerade aktörerna, och i vissa fall bidra till högre konkurrens i elsystemet.

Efterfrågefleksibilitet är en av de nya tjänsterna som växer fram på elmarknaden. Det är framför allt processindustrin som aktivt arbetar med flexibilitetsresurser, då de är stora nog att delta på de marknadsplatser som finns. Dock har gränserna för bud på balansmarknaden sänkts, och nya aktörer uppmuntras att delta. Ett sätt att möjliggöra flexibilitetsresurser från bland annat prosumenter, mindre industrier och villaägare är att arbeta med aggregering. Med aggregering menas att flera källor till produktion och konsumtion av elektricitet går samman på marknaden för att erbjuda flexibilitet. En aggregator är en aktör som köper in tillgänglig effekt från olika källor, till exempel företag eller villaägare som temporärt kan tänkas minska sin elanvändning, för att sedan sälja effekt på elbörsen eller till nätägare. Aggregatörer kan även erbjuda tjänster som involverar produktion och lagring av energi.

3.2 FRAMTIDENS ELANVÄNDNING

Det framtida hållbara samhället kommer att medföra en föränderlig lastprofil, där energieffektiviseringar och smarta mätare och funktioner kan reducera effekter medan omställningen till eldrift inom flera branscher leder till ökade effektbehov. Samtidigt påverkas distributionsnäten av utbyggnaden av intermittent produktion, av förstärkningen av stamnätet och utvecklingen inom efterfrågefleksibilitet och batterilagrar.

Inom forskningen och på myndighetsnivå designas och utreds en framtida styrning av elsystemet, där distributionsnäten i så hög grad som möjligt kan kontrolleras av lokala systemoperatörer. Svenska Kraftnät utreder huruvida effektbalansen kan skötas regionalt istället för nationellt, och EU ställer krav på en öppenhet inför småskaliga systemtjänster i lokalnäten som alternativ till nätförstärkningar. Energimarknadsinspektionen arbetar med att ta fram nya tarifföreskrifter och att analysera åtgärder mot kapacitetsbristen.

3.2.1 Transportsektorn

Den pågående och framtida elektrifieringen av transportsektorn introducerar krav på en utbredd laddinfrastruktur och tillhörande affärsaktörer. Utvecklingen inom området påskyndas av klimatmål, och drivs av en mängd olika aktörer med delvis skiftande perspektiv och intressen. Elnätsföretagen kommer att stå som leverantör av kapacitet till nya typer av laster, där lastegenskaper och lastprofil påverkas av aktuella elbilsmängder, batterikapaciteter, smartladdningssystem, laddningsvanor och krav eller incitament för anpassning till elsystemet. Effekttuttaget kan styras av abonnemang eller av aggregatörer som en del av efterfrågefleksibiliteten.

Olika laddtekniker utvecklas parallellt, med både statisk laddning och dynamisk laddning under körning. Swedish Electromobility Center har i en studie¹ kommit fram till att det behövs en snabbladdningsstation per 1000 EV, förutsatt en laddeffekt på 150 kW. Utvecklingen går dock mot ännu högre effekter. Den internationella laddstationsoperatören Allego uttrycker i en artikel² publicerad i november att de planerar att bygga 20-30 laddstationer med upp till 350 kW laddare i Sverige, främst längs med E4, E6 och E18.

Trafikverket arbetar i sitt Program Elvägar³ med att utreda tekniska, juridiska, ekonomiska och miljömässiga aspekter av elvägssystem. De har i samarbete med RISE under två år undersökt hur kraftförsörjningen till elvägarna kan utformas. Resultaten kommer att presenteras i en rapport efter årsskiftet.

Elvägsbranschen fokuserar idag på tunga fordon, men beroende på teknikval kan även personbilar komma att drivas och laddas under körning på de större vägarna. En sådan utveckling skulle kunna minska behovet av snabbladdning i framtiden. I en studie⁴ från Swedish Electromobility Center jämförs samhällsekonomiska besparingar för olika scenarier med elektrifiering av transportsektorn. Bedömningen baseras på antaganden om batteripriser, el- och oljepriser, avräkningskostnader för komponenter, elektrifieringsgrader för elvägen och priser för kringutrustning. Kapacitet för anslutning och kostnader för eventuella förstärkningsbehov i befintliga elnät diskuteras inte i den delen av studien. Resultaten visar på att de totala samhällsekonomiska kostnaderna minskar ju större andel av fordonsflottan som kan nyttja elvägsinfrastruktur för drift och laddning. Samtliga scenarier i studien innebar dock en nettobesparing jämfört med drift med fossila bränslen.

Dessa olika laddtekniker medför starkt skiftande lastprofiler, i olika delar av elnäten. På grund av de stora energimängder som transportsektorn omsätter är det en potentiellt stor utmaning för elnätsföretagen att kunna förbereda näten för dessa effektuttag, utan säkra prognoser för var, hur och när de kommer att behövas. Det framtida effektbehovet kommer även att påverkas av utvecklingen inom alternativa fordonstekniker. Bränsleceller utvecklas till exempel starkare internationellt än vad som syns i Sverige.

Prognoser

Laddningen av elfordon kan komma att bli en stor intermittent last i de framtida lokalnäten. Utan styrning eller reglering kan den komma att ställa krav på överdrivna dimensioneringar av komponenter. Antalet elbilar har ökat kraftigt de senaste åren, framför allt i södra Sverige runt tätorter. Detta kommer främst

¹ Sprei Frances, Mandev Ahmet, *Charging behavior and infrastructure need for plug-in electric vehicles*, Swedish Electromobility Center, 2019

² <https://www.allego.eu/sv-se/news/2019/november/allego-taps-into-scandinavian-markets-with-up-to-350kw-strong-hpc-solutions>

³ <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/forskning-och-innovation/aktuell-forskning/transport-pa-vag/elvagar--ett-komplement-i-morgondagens-transportsystem/>

⁴ Márquez-Fernández Francisco J., *Power conversion challenges with an all-electric land transport system*, Swedish Electromobility Center, 2019

innebära högre effekttoppar i det lokala nätet. I en rapport⁵ från projektet NEPP inom Energiforsk formuleras frågeställningen hur laddinfrastrukturen påverkar effektutmaningen, snarare än hur den enskilt påverkar elnäten.

IEA gjorde 2018 en bedömning av utvecklingen av elbilar i Norden⁶. De uppskattar att det kommer att finnas 1,5 miljoner elbilar i den svenska fordonsflottan år 2030, vilket innebär ett behov av 150 000 publika laddstationer enligt EU:s rekommendation. IEA beskriver att de styrmedel som reducerar inköpspriset på elbilar hittills haft störst påverkan på försäljningen. De förutspår att teknikutvecklingen som kommer att krävas i framtiden kommer att behöva riktade styrmedel för att minska risker hos teknikutvecklare.

Power Circle har i en rapport⁷ från 2019 applicerat teorier om tekniskiften och marknadsutveckling på existerande prognoser, marknadsstrategier och konsumentundersökningar. De beskriver en snabbare utveckling, med försäljningsandelar som skulle resultera i 2,5 miljoner elfordon år 2030. Av dessa bedöms en tredjedel vara laddhybrider, och resterande två tredjedelar vara elbilar. Hybridtekniken ses som en mellanperiod tills elbilarna uppnått prisparitet. För att uppnå detta genomslag förutsätts att begränsande yttre faktorer hanteras av övriga samhällsaktörer, bland annat att staten bidrar med kapital och risktagande i utbyggnaden av laddinfrastruktur.

Trafikanalys utreder behov av styrmedel för att uppnå de klimatpolitiska målen, samt effekter och konsekvenser av olika typer av styrmedel. I ett PM⁸ från 2018 resoneras kring den allmänna utvecklingen av vägtrafiken i Sverige. De tre dominerande trenderna elektrifiering, automatisering och digitalisering av fordonsflottan beskrivs och diskuteras. I ett avsnitt diskuteras ur ett nationalekonomiskt perspektiv hur ett framtida eldrivet trafiksystem ska beskattas. I nuläget finansieras trafiksektorn till övervägande del av skatteintäkter från de fossila bränslena på uppskattningsvis 56 miljarder kr.

Långtidsprognosen från Trafikanalys baseras på en rapport⁹ från Sweco, som skrevs 2017. I rapporten diskuteras och bedöms utvecklingen inom infrastruktur, tillgång på fordon, användarkostnad, funktion, marknadssegment, styrmedel och energipriser. Sweco betonar att internationella styrmedel och marknadsutvecklingen i länder med större fordonsindustri kommer att vara en viktig faktor. Till exempel lyfts den snabba utvecklingen av elbilstillverkning i Kina upp av Trafikanalys, och Sweco påpekar att bränsleceller utvecklas starkare internationellt än i Sverige. Sweco påpekar också att en försämring av den ekonomiska utvecklingen skulle kunna försena omställningen till en fossilfri fordonsflotta, p.g.a. minskat handlingsutrymme och ändrade prioriteringar hos aktörer.

Sweco angav sina uppskattningar i intervall för olika utfall, men reserverade sig för yttre begränsningar och landade i bedömningen att elhybrider kommer att

⁵ Lofblad Ebba, Eriksson Jonas, *Fyra hjul som rullar i otakt En bild av hur utvecklingen av energisystemet, elfordonen, staden och dess aktörer idag går i otakt*, Energiforsk NEPP, 2018

⁶ IEA, *Nordic EV Outlook 2018 Insights from leaders in electric mobility*

⁷ Power Circle, "Elbilsläget 2018", <https://infogram.com/elbilslaget-2018-1h1749rjvkrq4zj?live>

⁸ Trafikanalys, "Fordon i framtiden – elektrifiering, automatisering och digitalisering", PM 2018:3

⁹ Sweco, "Omvärldsanalys och bedömning av den svenska vägfordonsflottans utveckling", 2017

utgöra 37%, laddhybrider 13% och elbilar endast 6% av personbilsflottan år 2030. För bussfordon angavs motsvarande siffror på 53% hybrider och 5% eldrift, för lätta lastbilar 10% hybrider och 4% batteri och för tunga lastbilar 5% elhybrid och 0,5% eldrift.

Uppdateringar av försäljning och prognoser finns på flera aktörers hemsidor. BilSweden redogjorde nyligen för försäljningssiffror under 2019, och uppger att försäljningen av EV ökat med 205% under jan-sep.¹⁰ Nortvolt citerar på sin hemsida¹¹ BloombergNEF:s Electrical Vehicle Outlook 2019, som förutspår globala försäljningsandelar på 81% eldrivna fordon för bussar och 57% för personbilar år 2040. De uppmärksammar att försäljningen av elbussar ökar, och att i Sverige har Västtrafik nyligen beställt 220 e-bussar från Volvo.

Velanders formel kontra mätdata

En aktuell frågeställning inom elnätsdimensionering är användandet av Velanders formel. Den används idag för att uppskatta sammanlagring av effektförbrukningen inom ett lokalnät. Eftersom formeln inte är anpassad för de snabba, höga effektuttag som elbilsladdning kan tillföra hemmen, kan sådan dimensionering leda till att transformatorer överbelastas och behöver bytas i samhällen med hög penetration av elbilar. Att använda timvis mätdata för dimensionering är ett alternativ som blir allt mer vanligt. Då krävs det dock insamlingsmätare på nätstationer på lokalnivå vilket idag är ovanligt. I en studie¹² från Energiforsk utfördes simuleringar både på minut- och timbasis, och resultaten visade att kritiska belastningar kunde falla bort när timupplöst data studerades. En bättre dimensionering kan därför göras i nät med många effekttoppar då minutvis data

Velanders formel kan användas för att uppskattad toppbelastningen i ett planerat elnät och förenkla dimensioneringsarbetet.

$$P = k_1 * W + k_2 * \sqrt{W}$$

där P är uppskattad toppeffekt, W är årlig förbrukning, k₁ och k₂ är konstanter beroende av typ av kunder och geografisk plats.

används. En kommentar var att insamlingsmätare även möjliggör användandet av flexibilitetsresurser. Detta gör att det går att frigöra effekt i ett redan högt belastat nät, och att nätkomponenter inte behöver överdimensioneras till lika hög grad.

¹⁰ http://www.bilsweden.se/statistik/nyregistreringar_per_manad_1/nyregistreringar-2019/definitiva-nyregistreringar-under-september-2019

¹¹ Northvolt, Outlook <https://northvolt.com/the-rise-of-electric-buses/> <https://northvolt.com/landscape-of-eu-charging/>

¹² Hemmingsson Märten, Lexholm Monica, *Dimensioning of smart power grids for the future*. Elforsk, 2013

Examensarbetet *Elnätets beredskap inför en mycket storskalig utbyggnad av laddinfrastruktur i Sverige*¹³ undersökte hur laddinfrastruktur i hemmen påverkar en transformator i det lokala elnätet. Arbetet omfattar även en enkätstudie utskickad till 45 elnätsbolag, som visade att deltagare i studien hade svårigheter att uppskatta mängden laddinfrastruktur i hemmen samt ansåg att kapacitetsbrist vanligast uppstår på kvartersnivå. Enkätstudien visade även att få av deltagarna förbereder sig med någon form av flexibilitetsresurs för elbilsladdning där avsaknad av tydligt regelverk och affärsmodeller anges vara orsaken. För Vehicle2Grid kan det till exempel handla om frågan om vem som ansvarar för att hålla och säkerställa kvalitet på den el som matas ut från bilar, samt om otydliga regler vid försäljning av el från bil till nätverk.

Examensarbetet visade att ett ökat antal elbilar i ett simulerat samhälle ökar effektuttaget mer än elförbrukningen under den simulerade perioden 2019–2030. Detta har sin förklaring i att laddningen tenderar ske samtidigt som andra effektuttag. Transformatorn, som dimensionerades med Velanders formel enligt energiförbrukningen 2019, klarade av det ökade antalet elbilar utan överbelastning trots att toppeffekten ökade med 20 procent. Däremot utfördes en "worst case" simulering där samhällets alla elbilar, 70 av totalt 168 fordon, laddades samtidigt. Då visade det sig att överdimensioneringen av transformatorn inte räckte till. Att alla elbilar laddas samtidigt på dygnet är inte troligt men elbilsdensiteten i ett samhälle kan komma att bli högre än vid utförd simulering.

Fallstudier och verktyg

LTU har på uppdrag av Energimyndigheten studerat hur stora marginaler som finns på kvartersnivå, på lokalnät i norra Sverige. Skellefteå kommun har även gett LTU i uppdrag att undersöka hur ett kallt klimat inverkar på laddinfrastrukturen. Arbetet pågår och en rapport kommer att komma nästa år.

Energiforsk har i ett tidigare projekt tillsammans med Karlstad Elnät använt dataprogram, för att på ett enkelt sätt kunna göra timvärdesanalyser av effektförbrukning i nätstationer och enskilda fack. I rapporten¹⁴ beskrivs att det i första hand är enskilda säkringar som begränsar andelen extra förbrukning, till exempel i form av laddstolpar, som kan adderas. Metoden rekommenderas i rapporten som ett första steg för nätbolag med tillgång till timvärdesdata, för att identifiera nätstationer där åtgärder kan behöva vidtas vid en större utbredning av EV. I en annan rapport¹⁵ från Energiforsk undersöktes delar av Herrljunga Elektriskas elnät, och teknoekonomiska nyckeltal definierades för att utvärdera hur framtida laster och solcellsproduktion påverkar distributionsnätoperatören.

Mahmoud Shepero vid Uppsala universitet utförde 2018, som en del av sin licenciatavhandling,¹⁶ en litteraturstudie över tidigare modellering av

¹³ Wänéus Sara, Östergren Catherine, *Elnätets beredskap inför en mycket storskalig utbyggnad av laddinfrastruktur i Sverige*. Uppsala Universitet, 2019

¹⁴ Lindborg Joachim, Shumacher Linda, *Elbilsutvecklingens påverkan på lokalnät dimensionering av nätstationer*, Energiforsk 2018

¹⁵ Sandels Cleas, Widén Joakim, *End-users Scenarios and their impact on distribution system operators*, Energiforsk 2018

¹⁶ Shepero Mahmoud, *Modeling and forecasting the load in the future electricity grid Spatial electric vehicle load modeling and residential load forecasting*, Uppsala universitet 2018

elbilsaddning och solcellsproduktion på stadsnivå. Han påpekade att det fanns få studier om synergierna mellan solcellsproduktion och elbilsaddning. Gällande elbilsaddning redogör Shepero för olika modeller och dataunderlag som använts i tidigare arbeten, och olika kategorier av lastprofiler som detta resulterat i. Shepero beskriver även internationella fallstudier av icke-styrd laddnings påverkan på transformatorer och lokalnät på kvartersnivå. Studierna gav skiftande resultat för belastning och spänningsfall beroende på hur tidigare dimensioneringar utförts.

I litteraturstudien ingår också studier som visat att styrning av laddningen kan ha en fördelaktig påverkan på spänningen, belastningen av komponenter, nätförluster, toppeffekter, kostnaden för laddning, utfyllnad av låg nyttjandegrad av nätet samt integrering av distribuerad produktion. Shepero redogör dock för en tysk undersökning från 2016, där 76% av elbilsägarna förväntade sig att kunna frångå ett smartladdningsschema vid behov. I den undersökningen var ekonomisk ersättning för att fördröja laddning inte tillräckligt för att påverka bilägarnas inställning. Däremot påverkades de mer av idén om att kunna bidra till ökad integrering av förnyelsebar produktion. Studien genomfördes på så kallade "early adopters". Shepero beskriver även en studie från 2015 där program för efterfrågeflexibilitet har kompletterats med teorier i beteendevetenskap.

I sin licentiatavhandling utvecklar Shepero en modell för spatial fördelning av lasten från EV-laddning. Han definierar lastprofiler för olika typer av parkeringar, med input från de typer av byggnader som finns inom gångavstånd. Med modellen kan sedan icke-styrd laddning modelleras med minutupplösning, och appliceras ovanpå förbrukningsdata i varje del av nätet. I en studie av Herrljunga stads elnät, med fokus på spänningsvariationer, visade modellen att spänningen kunde sjunka till 0,94 p.u. vid 100% EV-utbredning och ingen solcellsproduktion. EV-förbrukningen adderade då 0,01 p.u. till övriga förbrukningens påverkan. Studien inkluderar även simuleringar av olika andelar solcellsproduktion och behov av curtailment. I en annan fallstudie applicerades modellen på Uppsala stads elnät, med två olika laddningsscenarier för laddning på samtliga parkeringsplatser respektive enbart vid bostadsparkeringar. Laddeffekter på 3,7 kW, 6,9 kW respektive 22 kW jämfördes, med minutupplöst data för en månad. I en av licentiatavhandlingens artiklar utvecklas en modell för prognoser av hur laddningseffekter kommer att aggregeras i olika delar av staden, och därmed i olika delar av nätet.

Fallstudier på lokalnät har även utförts i examensarbeten. Nedan följer exempel på hur sådana fallstudier har utformats hos olika nätföretag. I ett masterarbete¹⁷ från Uppsala universitet och Sala-Heby Energi undersöktes ett stadsnät och ett svagt landbygdsnät. EV-utbredning på 10%, 30%, 50% och 100% samt 50% ansluten till samma fas simulerades, med 3,7 kW respektive 11 kW laddeffekter. Spänningsfall, belastningsgrad och spänningsosymmetri samt effekttoppar vid okontrollerad laddning redovisas. Arbetet innehåller också en validering av Velanderformelns beräkning och beräkningar av ökade överföringsförluster i näten, samt en diskussion om hur smartladdning och stationära batterilager kan reducera effekttoppar. Resultaten visar att transformatorn var begränsande i stadsnätet,

¹⁷ Eriksson Pontus, *Elbilens påverkan på elnätet vid hemmaladdning och tekniker för effekttopsreduktion En fallstudie av två av Sala-Heby Energis lågspänningsnät*, Uppsala universitet 2018

samt att spänningsosymmetri behövde beaktas vid 30% EV-utbredning och mer. I landsbygdsnätet var spänningsvariationer redan en utmaning, och belastningsgrader blev begränsande vid 50% EV-utbredning.

I ett examensarbete¹⁸ vid LTU och Skellefteå Kraft undersöktes lokalnätet i en by på landsbygden, ett område med flerbostadshus, ett radhusområde och en stor personalparkering. Utbredning av 25%, 50%, 75% respektive 100% elfordon med 3,7 kW och 11 kW laddning simulerades i "worst case scenarios". Belastningsgrad i kablar och transformatorer samt spänningsfall och spänningsobalans redovisas i jämförande tabeller för de olika scenarierna. Resultaten ger inga entydiga svar, på grund av att två till synes liknande områden kan ha olika marginaler beroende på hur de dimensionerats förut. Det påpekas dock att spänningsfall snabbt kan bli ett problem i landsbygdsnät, medan transformatorer och även kablar kan överbelastas i stadsnät. Spänningsobalans blir snabbt ett problem i "worst case scenarios" men sannolikheten för detta diskuteras. För 11 kW-laddare överskrids gränserna ibland även med 50% och 25% elbilar. Det nämns att Skellefteå Kraft även har utfört en liknande studie på ett villaområde.

I ett examensarbete¹⁹ från Mittuniversitetet och Sundsvall Elnät undersöktes hur solcellsproduktion och EV-laddning kan inverka på dimensioneringen av lokalnätet i ett nytt bostadsområde. Dimensionering utan hänsyn till solcellsproduktion och EV-laddning jämförs med scenarier där 50% respektive 75% av hushållen har både produktion och laddning. Situationer med maximal konsumtion och minimal produktion (antaget vintertid) jämförs med det motsatta, minimal konsumtion och maximal produktion (antaget sommartid). En sammanlagringsfaktor på 0,85 används för hushåll med EV-laddning. Resultaten visade på att transformatorer i bostadsområdet behövde dimensioneras upp från 500 kVA vid traditionell dimensionering till 800 kVA för att klara belastningen vintertid. Resultatet av dimensionering av kablar och sammankopplingspunkter och val av säkring redovisas i tabellform. Elkvalitet och selektivitet för säkringar diskuteras.

I ett examensarbete²⁰ från Mittuniversitetet och Jönköping Energis Nät AB undersöktes hur 50% EV-utbredning med icke-styrda 3,7 kW-laddare påverkar försörjningen av två villaområden med olika starkt nät, ett nybyggt flerbostadshusområde samt ett äldre landsbygdsområde. Spänningsvariationer och belastning i transformatorer och kablar studerades, med laddanslutning till en fas respektive fördelat mellan alla tre faser. Även här användes sammanlagringsfaktor 0,85. Områdena som undersöktes hade stora marginaler för belastning, men belastningen ökade mest i ett nybyggt villaområde. Gränser för spänningsfall överskreds vid anslutning till en fas, men kunde även närma sig gränsvärden vid fördelning mellan faserna. I arbetet finns även en sammanställning över ökad effekt i regionnätets 18 fördelningsstationer.

¹⁸ Stenman Niklas, *Påverkan på elnätet från storskalig elbilsutbredning i olika delar av Skellefteå*, Luleå Tekniska Universitet 2019

¹⁹ Åkerlind Marcus, *Elnätsplanering i framtida bostadsområden Med påverkan från solceller och elbilsaddare*, Mittuniversitetet 2019

²⁰ Mooshtak Benjamin, *Inverkan av laddstolpar för elfordon i Jönköping Energis elnät*, Mittuniversitet 2019

Arbetet redogör även för fordonstillverkning, smartladdningsteknik, batteriutveckling, olika väderförhållandens inverkan på batterikapacitet och körbeteenden och laddningsbeteenden. En omvärldsanalys beskriver hur EV-laddning styrs i Kalifornien, där 90% av laddhybridägare flyttar sin laddning till tider med lägre pris. Det beskrivs att studier i Norge uppskattar att 4-30% av transformatorerna i distributionsnätet skulle överbelastas, om EV-laddning adderade 1-5 kW förbrukning per hushåll. I examensarbetet beskrivs också studier från Chalmers, där kapaciteten i områden i Göteborg undersöktes. I en studie kunde andelen EV-bilar ökas från 17% till 80% om laddningen styrdes.

I ett examensarbete²¹ från Karlstad universitet undersöktes ett äldre villaområde med eluppvärmning. En sammanlagringsfaktor på 0,92 användes. Scenarier med 3,7 kW-11 kW simulerades, samt ett scenario där laststyrning mot villornas säkringar användes. Resultaten visade på att det fanns kapacitet för 3,7 kW men att högre laddeffekter överbelastade komponenter, framförallt transformatorer, redan vid 25% och 50% EV-utbredning. I examensarbetet redogörs också för internationella studier på regional- och lokalnät i bland annat Schweiz och England.

Yrkestrafik och övriga transportslag

Det senaste året har antalet elbussar i Sverige ökat från 60 till 172 och satsningen från flera tätorter de kommande åren tyder på att antalet elbussar kommer öka markant inom en tioårsperiod²². Northvolt redogör i en av sina outlook's²³ för satsningar i flera europeiska länder, bland annat Volvos order på 220 elbussar. De påpekar att bussar har en typisk livslängd på 8-10 år, som påverkar utbytestakten till eldrift. I en intervju med Northvolt uppger Scania att de för närvarande testar tre elbussar i Östersund, som kör en 14 km lång rutt. De laddas med 300 kW vid varje ändhållplats. De uppger också att de tillsammans med Nobina kommer att testköra automatiska elbussar under 2020.

Rapporten *Snabbladdning av elbussar i distributionsnät*²⁴ undersöker hur mycket bussars laddning påverkar distributionsnätet, samt hur det går att mildra påverkan. Genom att simulera en utvecklad modell kunde det fastställas att det undersökta området kunde hantera flera laddstationer av dagens mått. Dessutom kunde aktiva åtgärder tillåta ökade effekter i 10 kV-nätet och 400 V-nätet. De uttrycker att vid högre laddningseffekt, till exempel hållplatsladdning, kan energilagring med hög effektkapacitet användas. I områden med svaga elnät kan reaktiv effektkompensering vara till störst nytta. Slutligen presenterar rapporten riktlinjer vid installation av snabbladdarutrustning för elbussar, som riktar sig mot elnätsägare för att underlätta planeringen av laddinfrastruktur.

Elvägar för tung trafik testas i nuläget på fyra demoanläggningar.²⁵ I Sandviken testas luftledningsteknik, vid Arlanda och i Lund testas kontaktskenor och på

²¹ Johansson Sylvester, *Analys av ett lokalt elnät: Hur väl rustat är det för framtiden? Ett underlag för framtida investeringar*, Karlstad Universitet 2018

²² <https://www.elbilsstatistik.se/>

²³ Northvolt, Outlook <https://northvolt.com/the-rise-of-electric-buses/> <https://northvolt.com/landscape-of-eu-charging/> <https://northvolt.com/stories/scania>

²⁴ Steen David, *Snabbladdning av elbussar i distributionsnät*. Energiforsk, 2017

²⁵ Referensgruppsmöte FoI-plattform för elvägar, Göteborg 4-5 dec 2019

Gotland byggs en induktiv elväg mellan flygplatsen och busstationen. Trafikverket upphandlar ett pilotprojekt, som kommer att byggas antingen i Örebro-regionen eller utanför Stockholm. Projektet Forsknings- och innovationsplattform för elvägar har i två år arbetat med att utreda tekniska, ekonomiska, juridiska och miljömässiga aspekter av elvägsanläggningar. Slutrapporter för de olika delprojekten kommer att släppas i början av 2020.

Färjetrafiken uppmanas av IMO att elektrifieras,²⁶ men det finns en utmaning i att de kräver stora effektuttag även för relativt korta turer. Enligt en annan av Northvolts outlook's²⁷ har ett av världens första elektrifierade godsartyg en batterikapacitet på 2400 kWh, som efter ca 2 h laddning har en räckvidd på endast 80 km. Det ska jämföras med en tur över Atlanten på 6000 km. Mindre passagerarfärjor har dock redan börjat elektrifierats. I Göteborg laddas till exempel en färja från en 6 kV-anslutning med 5-6 MW, som sedan transformeras ned ombord på färjan. I Norge går färjan Ampere 34 turer om 5,7 km vardera dagligen, driven av ett 1000 kWh-batteri. Ampere laddar under 10 min mellan varje avgång. Laddningen stöts av stationära batterier på 260 kWh vid laddstationerna. Det finns även ett initiativ drivet av tre norska skeppare och Rolls Royce, där ett skalbart batterisystem för färjor kallat SAve Energy tas fram.

RISE koordinerar ett projekt²⁸ för elflyg, kallat ELISE. Projektet har pågått sedan 2018, och har som mål att undersöka tekniker, var det finns behov av elflyg och hur Sverige kan positionera sig internationellt. Detta ska resultera i en färdplan för elflyg i Svergie, samt i bygget av en prototyp. De uppger att Tyskland, USA och Kina satsar stort på elflyg. RISE leder även det nystartade nätverket The Nordic Network for Electric Aviation (NEA),²⁹ som ska arbeta med standarder, affärsmodeller och teknikutveckling för nordiska klimat, samt samarbeten på europeisk och global nivå. Örnsköldsvik flygplats är en testbädd för elflygplan, där tanken är att mindre plan för regionala sträckor ska utvecklas inom några år.³⁰ Stockholm-Visby är en av de sträckor som kan komma att bli först att trafikeras.³¹

3.2.2 Industri

Industrin står för cirka en tredjedel av Sveriges utsläpp av växthusgaser. Regeringens mål om att nå ett nettoutsläpp om noll växthusgaser till 2045 ställer höga krav på att industrin går över till att använda el och biobränsle i sina processer. Industrilivet är en satsning från regeringen att stödja denna omställning, där industrier kan få ekonomisk hjälp att utöva tekniksprång och initiativ för att minska på utsläppen. Pappers- och massaindustrin har redan gått igenom omställningen till biobränsle. Nu arbetar andra industrier flitigt med att göra liknande satsningar. Inom stålindustrin genomförs ett projekt kallat HYBRIT³² som arbetar med att utveckla en fossilfri stålproduktion. Med en så kallad direktreduktion ska vätgas kunna användas för att skilja järn från syre. Vätgasen i

²⁶ Seminarium *Framgång genom standardisering*, Energiforsk 7 nov 2019

²⁷ <https://northvolt.com/stories/a-revolution-at-sea>

²⁸ <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/projekt/elflyg-i-sverige>

²⁹ <https://www.ri.se/sv/press/rise-leder-nordisk-satsning-pa-elflyg>

³⁰ <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasternorrland/framtidens-flyg-testas-i-ornskoldsvik>

³¹ <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/ost/visby-kan-bli-forsta-destination-med-eldrivna-flygplan>

³² <http://www.hybritdevelopment.com/>

sin tur ska produceras med el från bland annat förnyelsebar energi från vind och vatten samt kärnkraft. Projektet CemZero³³ är ett annat initiativ för att reducera växthusgasutsläpp inom cementproduktionen. Det ska göras genom att elektrifiera värmningen och fånga upp koldioxiden i cementprocessen. Enligt Sweco³⁴ kommer elektrifieringen innebära att efterfrågan på el kommer öka med 20 TWh inom industrin, varav 17 TWh inom stålindustrin, till 2045. Utöver omställningen i befintlig industri har även nya typer av industrier etablerat sig och ansökt om anslutning. De mest uppmärksammade av dessa är serverhallar.

Initiativet Fossilfritt Sverige, som arbetar på uppdrag av Miljö- och energidepartementet, har samlat aktuella färdplaner på sin hemsida.³⁵ Där finns i nuläget färdplaner från bergmaterialindustrin, betongbranschen, bygg- och anläggningssektorn, cementbranschen, dagligvaruhandeln, digitaliseringskonsultbranschen, flygbranschen, gruv- och mineralbranschen, sjöfartsnäringen, skogsnäringen, stålindustrin, uppvärmningsbranschen och åkerinäringen.

Industrier är generellt anslutna till regionalnätet, och en ökad elanvändning kommer därmed främst att belasta region- och stamnät. Det betyder inte att lokalnäten kommer vara opåverkade. Ett ökat kapacitetsbehov kan leda till överbelastning i regionalnätet, och på så vis påverka de befintliga anslutningarna eller stoppa nya anslutningar i lokalnätet. Att hålla sig uppdaterad kring eventuella industrietableringar och andra anslutningar till regionnätet är därför av vikt så länge nätkapaciteten är begränsad.

3.3 FRAMTIDENS ELPRODUKTION OCH DISTRIBUTION

3.3.1 Mikroproduktion från solen

Det installerades drygt 10 200 nätanslutna solcellsanläggningar i Sverige mellan 2017 och 2018,³⁶ vilket var en ökning på 67 procent. Den totala installerade effekten uppgår till 411 MW på nästan 25 500 anläggningar, varav de flesta anläggningarna finns i södra Sverige. Små anläggningar, med effekt upp till 20 kW, utgör 46 procent av den installerade effekten och 84 procent av antalet anläggningar.

Som del av regeringsuppdraget "Uppdrag till Energimyndigheten att ta fram en strategi för ökad användning av solen" publicerades ett antal rapporter för att föreslå en strategi för att användningen av solen ska kunna öka i Sverige. Rapporten *Effekter i elsystemet från en ökad andel solen*³⁷ belyser vilka effekter som kan uppstå om utbyggnaden tar fart, samt kort- och långsiktiga lösningsförslag för hur effekterna kan hanteras. Elkvalitet och elsäkerhet lyfts fram som de största utmaningarna i lokalnätet, där erfarenheter från andra länder vars utbyggnad har kommit längre visar att spänningsvariationer och effektflöden i ledningar bör fokuseras. Det har historiskt sett varit nätförstärkning som har löst elkvalitetsproblem vilket kan vara

³³ <https://www.cemta.se/sv/cemzero>

³⁴ Wiesner Emma, Edfeldt Erica, *Klimatneutral konkurrenskraft*. Sweco, 2019

³⁵ <http://fossilfritt-sverige.se/fardplaner-for-fossilfri-konkurrenskraft/>

³⁶ <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2019/ett-ar-senare---10-000-fler-natanslutna-solcellsanlaggningar/>

³⁷ Energimyndigheten, *Effekter i elsystemet från en ökad andel solen*. 2016, ER 2016:22

kostsamt. Rapporten lyfter fram möjliga systemtjänster som solcellsägare kan bidra med som strategi för att förbättra möjligheten att integrera solel.

Det är främst i lågspänningsnätet som effekter av mikroproducerad solel kommer märkas av. Olika typer av påverkan har undersökts och sammanställts i rapporten *Påverkan på nätet från stora mängder solkraft*³⁸. Rapporten innehåller information från tidigare forskningsprojekt om olika fenomen som kan uppstå vid integrering av solkraft, bland annat spänningsvariationer, obalans, överlast och okontrollerad ödrift. Den huvudsakliga slutsatsen var att det finns en stor osäkerhet i hur solkraft kommer påverka lågspänningsnätet. De olika fenomenen medför olika osäkerheter, och olika nivåer av osäkerhet, vilket gör det svårare att planera distributionsnätet. Rapporten fördjupar sig i olika utmaningar som kan uppstå, bland annat:

- Osäkerhet i att hitta en acceptansgräns för hur mycket småskalig produktion som kan anslutas till ett elnät utan att äventyra prestandan.
- Problematik att modellera fenomenen snabba och mellansnabba spänningsvariationer, mellantoner och supratoner för att se hur störningar uppstår och hur de sprider sig.

Författarna menar att framtida fokus bör läggas på kunskapsuppbyggnad genom att utföra mer forskning och mätningar samt sprida kunskapen till nätföretagen.

Möjligheten att använda elektroniskt anslutna distribuerade produktionsanläggningar för spänningsreglering med reaktiv effekt utforskas idag. Reglering av den reaktiva effekten kan då säljas som en systemtjänst.

3.3.2 Flexibilitet

Den ökande andelen elbilar och mikroproduktion till elnätet innebär framtida utmaningar för de framtida elnäten. Att öka kapaciteten lokalt är inte alltid möjligt med den rådande kapacitetsbristen på många platser i region- och stamnät. Att hantera effektvariationer genom olika typer av förflyttningar av laster i tid minskar belastningen på nätet, och kan skjuta fram eller minskar behovet av investeringar.

*Stabilisera det lokala elnätet*³⁹ är en förstudie som undersöker effektsituationen i de skånska lokalnäten. Intervjuer och workshops genomfördes med lokala skånska elnätsägare och aktörer som verkar inom området efterfrågefleksibilitet. Trots stora skillnader i nätstruktur för de olika nätägarna vad gäller effekt och kapacitet var den rådande bilden att det fanns utrymme för 10–25 procent mer belastning i näten. Dock sågs det problematiskt med nyetablering för större industrier och vindkraft från ett flertal nätägare. Kapacitetsbristen härrör, enligt nätägarna, i många fall från region- och stamnät vilket även bekräftades av regionnätsägaren E.ON. Lokalnätens abonnemang är beräknade att klara av de kritiska effektuttagen. Emellertid skulle en effektutjämnning som ger en högre utnyttjandegrad kunna leda till sänkta abonnemang, förskjutning av investeringar

³⁸ Bollen Math, Rönnberg Sarah, Lennerhag Oscar, *Påverkan på nätet från stora mängder solkraft*. Energiforsk, 2018

³⁹ Evander Anna, Larsson Marcus, *Stabilisera det lokala elnätet*. Energikontoret Skåne, 2019

och frigörande av kapacitet i näten. Tekniken för flexibilitetslösningar finns idag men marknaden måste utvecklas.

Efterfrågefleksibilitet

Energimarknadsinspektionen undersöker regelbundet marknaden för efterfrågefleksibilitetstjänster i Sverige. Rapporten *Tjänster för efterfrågefleksibilitet 2018*⁴⁰ bygger på en enkätstudie utförd på 40 elnätsföretag, och syftar till att ge en översiktlig bild av vilka tjänster som används idag, vilka hinder som finns samt om det finns ett intresse hos aktörer för flexibilitetstjänster i framtiden. Rapporten undersöker även om elnätsföretagen följer ellagen (1997:857) som menar att de inte får ställa tekniska krav eller villkor som försvårar tjänster för efterfrågefleksibilitet, om inte villkoret motiveras med till exempel driftssäkerhet. De viktigaste fynden är:

- Elnätsföretagen ställer inga krav eller villkor som försvårar tjänster men kan komma behöva göra det i framtiden av motiverade skäl.
- Största hindren för efterfrågefleksibilitet är bristande intresse och kunskap hos kunder och nätföretag, otillräckliga ekonomiska incitament samt begränsningar i regelverken.
- Få elnätsföretag ägnar sig åt att undersöka potentialen för efterfrågefleksibilitet hos deras kunder.
- Nätföretagen ser möjligheten att optimera lastprofil mot överliggande nät som främsta fördelen med efterfrågefleksibilitet.

Utöver tidigare nämnda punkter nämns mer specifikt vilka flexibilitetslösningar som används och i vilken utsträckning, samt om de bedriver eller planerar pilotprojekt inom området. I en annan av Energimarknadsinspektionens rapporter⁴¹ ges förslag på åtgärder för att öka kunders kunskap och intresse kring efterfrågefleksibilitet.

I rapporten *Flexibilitet – i en ny tid*⁴² ställs frågan om hur mycket flexibilitet som behövs i det svenska elsystemet i framtiden. Frågan visade sig vara mycket komplex. Behovet av flexibilitet analyserades mer specifikt gällande utmaningar kring tim- och dygnvis topplast, överskott, ökat behov av balansering samt årsreglering. En kvantifiering genomfördes för ett referensscenarion år 2040, men kvantifieringen går att se i detalj i rapporten. Lösningar på olika sätt att möta flexibilitetsutmaningen presenterades och det klargjordes hur de påverkar tidigare nämnda utmaningar.

Flexibilitet är något det talas om inom den svenska elbranschen och det ligger även högt på EU:s agenda. Tariffer och dess utformning är just nu särskilt aktuellt, då det i ellagen från 1 januari 2019 gjorts förändringar som tillåter elnätsföretagen att utföra pilotprojekt där de kan testa nya nättariffer på ett mindre antal kunder⁴³. I

⁴⁰ Huang Yalin, Grahn Elin, *Tjänster för efterfrågefleksibilitet 2018*. Energimarknadsinspektionen, 2018

⁴¹ Alvehag Karin et al., *Åtgärder för ökad efterfrågefleksibilitet i det svenska elsystemet*. Energimarknadsinspektionen, 2016

⁴² Bruce Johan et al., *Flexibilitet – i en ny tid*. NEPP, 2018

⁴³ <https://www.ei.se/sv/for-energiforetag/el/Elnat-och-natprisreglering/pilotprojekt-for-nya-elnatstariffer/>

samband med ändringar i ellagen startade Energimarknadsinspektionen ett projekt för att ta fram föreskrifter om hur nättariffer ska utformas för att främja ett effektivt utnyttjande av elnätet. Som del av projektet, som fortsätter fram till våren 2020, har en rapport publicerats⁴⁴ med samma syfte. Rapporten går igenom tariffutformning i teori och praktiken, samlar erfarenheter från internationella regleringsmyndigheter samt samlar fallstudier från internationellt och nationellt håll. Ett tariffelement som blir allt mer vanlig är reaktiv effekt. Det används framför allt mot större kunder, men det finns nätföretag som tillämpar det på mindre kunder. Till exempel använder Göteborg Energi av nättariffer i sina lokala nät som debiterar reaktiv effekt som överskrider 50 procent av aktiv effekt. Flera slutsatser nås i rapporten kring tariffutformning, hur en aktiverar kunder samt hur riktlinjer och regelverk kan förändras för att främja ett effektivt nätutnyttjande.

Forum för smarta elnät tog fram en strategi för att öka flexibiliteten i elnätet. Strategin riktade sig till Energimyndigheten, Energimarknadsinspektionen och Svenska kraftnät. Under arbetets gång uttryckte olika aktörer på elmarknaden att det är för otydligt i frågorna om vem som bär ansvaret och vem som tillåts göra vad för att öka flexibiliteten i elnätet. För att bringa klarhet i dessa frågor så att aktörer har den kunskap för att göra nödvändiga framtida investeringar tillsattes projektet *Roller och ansvar för flexibilitet*⁴⁵. I projektet har en arbetsgrupp med deltagare från myndigheter, näringslivet och energibranschen tagit fram områden att utreda närmare. Det har gjorts efter dialog med aktörer, konsulter och andra sakkunniga. Alternativen tar också hänsyn till nuvarande och kommande lagstiftning. Arbetsgruppens slutsats består av fyra rekommendationer för fortsatt arbete med incitament för upphandling av flexibilitetstjänster, utveckling och koordinering av befintliga flexibilitetsmarknader, anpassning av intäktregleringen samt modeller för ersättning för flexibilitetstjänster.

Lagring av elenergi

Lagring av elenergi kan utföras med batterier, svänghjul och med pumpsystem i vattenkraftanläggningar. Batteritekniker blir idag mer och mer kostnadseffektiva, speciellt när elnätsnyttor tas hänsyn till. Power Circle har skrivit rapporten *Potentialen för lokala energilager i distributionsnätet*⁴⁶ för att undersöka effekten av energilager i lägenhetshus och villor. Det visade sig att det finns stor potential att frigöra effekt. Upp mot 40 procent reducerat effektuttag kunde uppnås vid utförda simuleringar, vilket är både attraktivt för både nätägare och kunder. Några av de elnätsnyttor som lagring ansågs kunna bidra med var lägre effektabonnemang till överliggande nät, eller att möjliggöra nya industrier eller bostadsområden att etablera sig. Rapporten säger även att ett regelverk som tillåter nätägare att förvalta energilager är nödvändigt för att kunna säkerställa leveranser och kvalitet i elnätet. EU har dock motsatt inställning, och uttrycker i Ren energi-paketet att nätföretag inte ska äga eller förvalta energilager.⁴⁷

⁴⁴ Tennbakk Berit et al., *Nättariffer för ett effektivt utnyttjande av elnätet*. THEMA Consulting Group, 2019

⁴⁵ Nordling Anna, af Burén Claës, *Roller och ansvar för flexibilitet*. WSP, 2019

⁴⁶ Hanson Malin, *Potentialen för lokala energilager i distributionsnätet*, Power Circle, 2016

⁴⁷ Energimarknadsinspektionen, *Ren energipaketet – en sammanfattning av nya och ändrade bestämmelser i elmarknadsförordningen och elmarknadsdirektivet*, EI1000v1.0 2017-06-20

Energimarknadsinspektionen arbetar med att analysera hur EU-direktiven kommer att påverka svensk lagstiftning. Deras resultat skulle ha publicerats i november 2019, men har skjutits fram till mars 2020. På Elnätsdagarna 2019 redogjorde representanter för det pågående arbetet. De uppgav att det finns obligatoriska krav men även möjligheter att välja huruvida Sverige ska medge undantag från reglerna. Sammantaget handlar många av kraven om att säkra att nätföretagen inte bedriver någon form av elhandel från till exempel energilagrar eller laddinfrastruktur. De förklarade även att de lokala energigemenskaperna som beskrivs i direktiven ska vara icke vinstdrivande juridiska personer. De ser det inte heller som troligt att Sverige kommer att utnyttja undantag om laddinfrastruktur.

Manuel Álvarez undersöker i sin doktorsavhandling⁴⁸ vid LTU verktyg för att inkludera flexibilitetsresurser i planeringen av distributionsnät. Avsikten är att beskriva en samverkan mellan nätoperatören och flexibilitetsleverantörer, i enlighet med EU-direktiven. Álvarez studerar regulatoriska, ekonomiska och driftmässiga aspekter som knyter samman distributionsnätoperatören med potentiella flexibilitetsleverantörer, samt hur flexibilitetsleverantörer kan tjäna på samverkan med nätoperatören. Han beskriver en marknadsmekanism som skulle göra det attraktivt för flexibilitetsleverantörer att samverka med nätoperatören vid planering och drift. Modellen omfattar bland annat kontrakt, prissättning och konsekvenser om aktörer inte uppfyller avtalade leveranser. Slutligen utvecklar Álvarez en planeringsmodell för nätoperatören, där lönsamheten i nätförstärkningar kan jämföras med de för flexibilitetsleveranser. Han beskriver även en optimeringsalgoritm för att välja mellan dessa alternativ. I avhandlingen utvecklar han även en modell för vattenkraft, och en allmän modell för lager, som kan användas för att beskriva anläggningars potential att leverera flexibilitet. I den allmänna lagermodellen beskrivs egenskaper, och input kan ändras efter den specifika energikällans tekniska begränsningar.

Power Circle har ett pågående projekt, *Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar?*⁴⁹, där möjligheterna för batterilagrar att ersätta nätförstärkningar ska utvärderas. Projektet omfattar en omvärldsbevakning, en kartläggning av nätbolagens arbetssätt idag, simuleringar på olika nät och en aktöranalys. Arbetet utförs i samarbete med RISE, Uppsala universitet och företag.

En gammal teknik som aktualiserats igen är svänghjulen. De används idag som en del av reservkraftaggregat på till exempel sjukhus, för att upprätthålla drift och frekvens tills den övriga reservdriften startats upp. Deras snabba inkoppling och att de är relativt billiga har uppmärksammats på flera håll. Nyligen installerades en snabbbladdningsstation om 100 kW i Prag,⁵⁰ som med hjälp av ett flertal svänghjul om vardera 3 kWh ger en dubbelt så snabb laddning som annars skulle vara möjligt direkt från nätet. Dock tar det relativt lång tid innan stationen kan nyttja svänghjulen igen. De måste accelereras upp igen under 45 min. Svänghjul marknadsförs också som ett sätt att stabilisera mikronät. Ny Teknik beskriver hur två svänghjul ska stabilisera intermittent produktion och ojämna laster på den

⁴⁸ Álvarez Pérez Manuel Alejandro, "Distribution Network Planning Considering Capacity Mechanisms and Flexibility", Luleå Tekniska Universitet 2019

⁴⁹ <http://powercircle.org/projekt/lokal-energilagring-eller-traditionella-natforstarkningar/>

⁵⁰ <https://www.nyteknik.se/energi/svanghjulsteknik-ger-snabbare-laddtider-for-elbilar-6979872>

avlägsna ön Kodiak utanför Alaska.⁵¹ Svänghjulen stabiliserar frekvens och spänning genom att leverera eller absorbera aktiv och reaktiv effekt, med under 5 ms inkopplingstid. De används i samverkan med ett batterisystem, och förlänger livstiden på batterierna.

3.3.3 Elkvalitet

Elkvalitet är ett begrepp som omfattar ett flertal parametrar på den växelspanning som driver elektrisk energi genom elnäten, från produktionen till konsumenter. Gränsvärden för elkvalitet definieras på internationell nivå, och beskriver vilka intervall för till exempel spänningens amplitud och frekvens som ansluten utrustning är optimerad mot och konstruerad för att tåla. Om elektriciteten avviker från dessa gränsvärden kan olika skydd lösa ut och koppla bort utrustning i näten, för att skydda dem från slitage eller från att gå sönder. En annan parameter på elkvalitet är övertoner av grundfrekvensen, som överlagras på strömmen och förvrider vågformen. Övertoner kan störa elektronisk utrustning och orsaka störningar och värmeutveckling i anslutna apparater.

Luleå Tekniska Universitet har ett pågående projekt kring påverkan på elnätet från elektromobilitet.⁵² De har som nämnts tidigare även forskat på elkvalitet från nya produktionsslag. De beskriver spänningsvariationer vid till- och frånslag, och potentiella automatiska frånslag av stora mängder laddstolpar vid underspänning, beroende på skyddsinställningar och kraftelektronikens tålighet mot underspänning.⁵³ De beskriver även en frågeställning kring hur spänningsvariationer med underspänning från stora mängder laddeffekter och överspänning från stora mängder solceller ska hanteras i transformatorer. En annan frågeställning som diskuterats var huruvida olika övertoner från laddinfrastrukturens kraftelektronik kan förväntas sammanlagras med övriga övertoner i överliggande nät, eller om de kommer att ta ut varandra och därmed reducera den totala amplituden hos övertonerna. Sammanlagring eller reduktion beror enligt dem av om övertonerna från olika källor har samma fasvinkel eller inte.

3.3.4 Elsäkerhet

Elsäkerhetsverket har på senare tid utrett elsäkerhets- och EMC-aspekter på distribuerad produktion,⁵⁴ energilagring⁵⁵ och elektromobilitetsanläggningar.⁵⁶ Sammanfattningsvis bedömer de att gällande regelverk är tillräckligt för att tillgodose elsäkerheten och EMC om det följs, men att EMC i vissa fall kan bli en utmaning och att det kan krävas förtydligande om ansvar och roller kring EMC. De ser också ett informationsbehov kring detta.

⁵¹ <https://news.cision.com/se/abb/r/abb-mojliggor-anslutning-av-fornybar-el-till-mikronat-pa-o-i-alaska,c9643572>

⁵² <https://www.ltu.se/research/subjects/Elkraftteknik/Forskningsprojekt/Pagaende-projekt/Vaxelverkan-mellan-laddningsinfrastruktur-vid-elektromobilitet-och-elnatet-1.185338>

⁵³ Workshop *Påverkan på elnätet av laddning som del av elektromobilitet*, Skellefteå 10-11 dec 2019.

⁵⁴ Elsäkerhetsverket, *Informationsbehov och elsäkerhetskrav rörande solcellsanläggningar*. Dnr: 15EV519

⁵⁵ Elsäkerhetsverket, *Informationsbehov och elsäkerhetskrav rörande små- och storskalig energilagring av el*. Dnr: 16EV600

⁵⁶ Elsäkerhetsverket, *Elsäkerhet och elektrisk infrastruktur för transportsektorn*. Dnr: 17EV372

3.3.5 Framtidens nät

Energisystemet befinner sig i en stor förändringsfas. Det är inte bara traditionella energikällor som byts ut, utan hela systemet förnyas. Tekniska satsningar och framsteg har möjliggjort mikroproduktion av el, energilagring, digitaliserade och smarta nättekniker med flera. I och med att gränserna mellan vem som producerar och konsumerar skiftas kommer elnätet få nya utmaningar och roller.

Branschorganisationen Power Circle initierade projektet "Kunskapshöjande aktiviteter för nya Nättekniker 2.0". Som en del av projektet skrevs rapporten *Elnätets roll i framtidens energisystem*⁵⁷, som har som mål att förklara trender som påverkar elnätet och identifiera hinder och drivkrafter för utvecklingen av smarta energisystem. De beskriver en osäkerhet och frustration i hur elnäten ska kunna framtidssäkras och risken för felaktiga investeringar minimeras. Problemet sägs ligga i att det finns politiska mål och överenskommelser kring utvecklingen av elproduktionen men mindre tydliga mål kring elnätet, samt en avsaknad av gemensam vision kring vilken roll elnätet ska ha i framtidens energisystem. Rapporten lyfter fram rekommendationer. De flesta handlar om att se över diverse hinder i lagstiftning och reglering, men också att skapa incitament för nätbolagen att testa ny teknik och affärsmodeller. Till exempel genom intäktsramen eller särskilda fonder inriktade på riskavlyft. De projekt och pilotstudier som görs idag är inte tillräckliga för att nätbolagen ska våga göra sådana satsningar, då de anser att risken är för stor att göra investeringar som kan bli obsoleta innan de har betalat av sig.

Rapporten *Smarta Elnät – För vem?*⁵⁸ undersöker människans beteende i relation till smarta elnät, då de anser att det finns en kunskapsbrist i hur smarta elnät ska designas och integreras för att fungera med människan. Projektet består av en litteraturstudie om användarperspektiv på smarta elnät i bostäder, samt en intervjustudie av pilotprojekt för införande av smarta elnät i Sverige. Bland annat så kom de fram till att införandeprojekt fokuserar på teknik över sociala faktorer, att begreppet "aktiva användare" är svårtolkat samt att det är svårt att balansera användarstyrning och automation av systemen. En lista på rekommendationer till aktörer som arbetar med projekt rörande smarta elnät i bostäder presenteras, för att bättre inkludera användare och höja kunskap.

Rapporten *End-user scenarios and their impact on distribution system operators*⁵⁹ undersöker hur lokalnätsföretagen påverkas av framtida tänkbara scenarier såsom solex och elbilar. Detta görs genom att simulera tänkbara scenarier med mätdata från tätorts- och landsbygdsnät i Herrljunga Elektriska AB:s elnät och kvantitativt analysera dessa. Ett simuleringsramverk togs fram och nyckeltal definierades vilket gjorde det möjligt att utvärdera hur lokalnätetsägarna påverkades teknoeconomiskt av scenarierna samt att simuleringar enklare kan replikeras för andra elnät. Mer om scenarier, hur elnäten utformning samt hur simuleringar kan reproduceras går att läsa i rapporten. Rapporten kom bland annat fram till att landsbygdsnät är känsligare för underspänning till följd av ökad elektrifiering,

⁵⁷ Wolf Anna, Andersson Alexander, *Elnätets roll i framtidens energisystem*. Power Circle, 2018

⁵⁸ Katzeff Cecilia et al., *Smarta Elnät – För vem?* Energiforsk, 2018

⁵⁹ Sandels Claes, Widén Joakim, *End-users Scenarios and their impact on distribution system operators*. Energiforsk 2018

samt att tätortsnetet gynnades av elektrifieringen då intäkter ökar men att snabbbladdning kunde leda till överbelastning. Det diskuterades även hur elnätsföretagen kan stödja sina kunder för att nå gemensam nytta, bland annat genom att uppmuntra sina kunder till att energieffektivisera sina hem så att det nuvarande elnätet kan hantera framtida laddinfrastruktur. Rapporten rekommenderar distributionsoperatörer på landsbygden att uppmuntra energieffektivisering, och de i tätorter att uppmuntra ökad elektrifiering för att öka intäkterna.

Mätinfrastrukturen i elnätet blir successivt mer utbredd och avancerad. Dels beror detta på politiska beslut för att främja visionen om framtidens smarta elnät, dels på elnätsföretagens strävan till effektivisering. Rapporten *Bedömning av nätstatus baserad på dataanalys och avancerade algoritmer*⁶⁰ har som mål att höja kunskapen om dagens smarta elmätare för att höja effektiviteten och tillförlitligheten i distributionsnätet. Författarna tar fram algoritmer och matematiska verktyg som kan användas för att identifiera fel och belastningspunkter när smarta elmätare finns i distributionsnätet. Rapporten kommer fram till att användningen av smarta elmätare är ett effektivt sätt att lokalisera svagheter i nätet, och på så vis underlättas planeringsarbetet av nätet såväl som driftsäkerheten. Flera nätbolag som idag använder sig av smarta mätare har i intervjuer sagt att investeringar har varit ekonomiskt rättfärdiga men att det är svårt att uppskatta den totala nyttan. Det har visat sig att kvalitet och tillgång på mätdata skiljer sig från olika nätagare, vilket gör att analyser blir komplicerade att utföra. De viktigaste mätvärdena anses vara spänning, reaktiv effekt och aktiva effektvärden i hög upplösning. En kommentar är att standardiserade lösningar för sammanfogning av mätvärden för diverse analyser kan underlätta användandet av smarta elmätare och nätföretagens arbete.

Rapporten *Dataanalys och avancerade algoritmer*⁶¹ spinner vidare på samma tema, effektivisering genom att använda smarta mätare för att minska nätförluster. En enkätstudie från sju nätbolag visar vilka utmaningar de har, bland annat ökade energimätarkrav och förstärkningar. Studien visar också hur de hanterar sina närförluster och icke-tekniska förluster samt hur de identifieras och lokaliseras. Författarna utvecklar och utvärderar metoder som använder sig av korrelation, effektflödesanalys och maskininlärning för att lokalisera icke-tekniska förluster.

Flera aktörer i energibranschen har på senare tid slagit larm om att elnätet inte byggs ut i tillräckligt snabb takt och att det kan leda till allvarliga samhällsliga konsekvenser. De långa tillståndsprocesserna ses som en av flaskhalsarna i det trånga elnätet. Det krävs idag tillstånd, så kallad nätkoncession, att bygga starkströmsledning. Det bakomliggande regelverket anses inte alltid anpassat till det moderna elsystemet, då tillståndsprocesserna ser likadana ut oavsett elledningens karaktär. En utredning, initierad av regeringen, har fått i uppdrag att se över dagens regler för att få tillstånd att bygga och driva elledningar. Nätkoncessionsutredningen har publicerat en slutrapport⁶² med förslag på

⁶⁰ Hagmar Hannes, Lindskog Anders, *Bedömning av nätstatus baserad på dataanalys och avancerade algoritmer*. Energiforsk, 2017

⁶¹ Persson Mattias, Sandels Claes, Nilsson Andreas, *Dataanalys och avancerade algoritmer*. Energiforsk, 2018

⁶² Nätkoncessionsutredningen, *Moderna tillståndsprocesser för elnätet*. Statens offentliga utredningar, 2019

författningsändringar som ska modernisera, förenkla och förbättra regelverket utan att negativt påverka miljöskydd, stabilitet och effektivitet. Några av de mest betydande rekommendationerna som utredningen kom fram till är:

- Den generella koncessionsplikten bör behållas men utbyggnation med lägre spänningar kan bli mindre formell och elnätsägare kan få större ansvar i samråd med markägare. Detta sägs kunna halvera tiden för projektet.
- Dagens regler där kommuner kan kräva flytt av befintliga ledningar bör ändras, och större ledningar som följer koncessionen ska inte få förbjudas.
- Administrativa förändringar som förenklar arbetet med att ändra, justera och ompröva hela eller delar av en nätkoncession för linje bör införas. Alla ledningar behöver inte tillstånd. Dagens undantag behöver utökas till vindkraftsparker, förnybar produktion inom och mellan fastigheter samt för elbehov kopplade till transport.

Utredningens rekommendationer har tagits emot både positivt och negativt. Energiföretagen välkomnar flera slutsatserna men tycker att ytterligare förändringar är nödvändiga och att utredningen behöver mer tid till uppdraget.⁶³ Energiföretagen ger åtgärdsförslag för att förbättra tillståndsprocessen ytterligare. Det handlar bland annat om att effektivisera domstolsprocessen, låta Energimarknadsinspektionen hantera de uppgifter som Lantmäteriet gör idag samt att göra ändringar i miljöbalken så att samhälls- och klimatnytta ges större utrymme i intresseprövningen.

Ett undantag i nätkoncessionen som uppmärksammats på sistone är icke koncessionspliktiga nät, IKN. Byggnader som vill dela på solcellsproduktion kan undgå energiskatt genom att inte använda det anslutna lokalnätet, utan istället skicka överskottsproduktion på interna ledningar. Undantaget gäller bland annat för forskningsbedrivande verksamhet, samt för nät som förbinder två eller flera anläggningar för elproduktion. Ett projekt som har tolkat undantagen i nätkoncessionen till att gälla är Vasakronans likströmsnät i Uppsala. Vasakronan har byggt ett likströmsnät som förbinder fyra kontorsfastigheter som har solceller på taken. Syftet är att öka egenförbrukningen av solel och samtidigt minska effektopparna. Ett examensarbete⁶⁴ undersökte hur egenförbrukningen och effektopparna ändrades med installationen av likströmsnätet och ytterligare en solcellsanläggning. Tre solcellsanläggningar var sedan tidigare redan installerade. Resultaten visade att egenförbrukningen ökade från 81,6 till 99,2 procent, och det årliga elbehovet minskade med 34 MWh. Effektopparna minskade under året med 196 kW, vilket gjorde att det bedömdes vara möjligt att byta till ett lägre abonnemang. För fastighetsägarna beräknades investeringen bli lönsam efter ca 20 år. För nätföretag innebär det minskade effektbehov. Likströmsnätet uppges även kunna anslutas till närliggande fastigheter, energilagring och snabbaddning för elbilar i framtiden.

⁶³ <https://www.energiforetagen.se/pressrum/nyheter/2019/juni/natkoncessionsutredningen-inte-svaret-pa-kapacitetsbrist-i-elnaten/>

⁶⁴ Flyckt Alexander, *Lokalt likströmsnät för kontorsbyggnader försedda med solel*. Uppsala universitet, 2018

3.3.6 Investeringar i elnätet

Det svenska elnätet genomgick en stor expansion för 40 – 50 år sedan, och mycket av det elnät vi har idag börjar nå sin tekniska livslängd. I Sveriges regional- och lokalnät har 70 procent av nätkomponenterna en ålder över 20 år och 37 procent av nätkomponenterna en ålder över 38 år.⁶⁵ De kommande åren kommer behovet att byta ut obsolet utrustning vara stort, och investeringar drivs även på av en stark urbanisering. Enligt Energimarknadsinspektionen planerar 120 av landets cirka 165 elnätsföretag att öka investeringarna i elnätet.⁶⁶ De tre stora elnätsföretagen E.ON, Ellevio och Vattenfall planerar en förändrad investering på respektive +9, -30 och -11 procent. Resterande elnätsföretag planerar en ökad investering på 40 procent under perioden 2020–2023 jämfört med 2016 – 2019.

En viktig aspekt som påverkar nybyggnation och dimensionering i nätplaneringen är de stora osäkerheter som finns i framtida prognoser. I det förändringsarbete som sker kring en ökad elektrifiering av olika sektorer ligger fokus ofta initialt på energibehov och produktion. De olika scenarier och tekniker som utvärderas kan ofta resultera i väldigt skiftande krav på nätanslutning och nätdrift. Dessutom kan teknikutvecklingen byta fokus inom loppet av några eller ett tiotal år. För nätplaneringen innebär detta att det är svårt att få besked kring var, när och hur olika effektuttag kommer att behöva anslutas och drivas. Investeringar som traditionellt haft en livslängd på 40 år kan bli obsoleta efter en betydligt kortare tid. Sådana osäkerheter riskerar att fördröja utvecklingen, om nätföretagen inte i tid kan planera för utbyggnation och anpassning av elnäten.

Elinorr, en sammanslutning av lokalnätsföretag i mellersta och norra Sverige, adresserar denna problematik i en pågående satsning kallad Strategi för öppna elnät.⁶⁷ De har definierat och listat megatrender och osäkerheter som påverkar utvecklingen för lokalnäten, och sammanställt dem i parametrarna kundbeteende, hantering av leveranssäkerhet, nya aktörer, innovation i energibranschen, hur klimatmål uppfylls, solceller, fordonsladdning och batterier. Med hjälp av dessa parametrar har fyra scenarier tagits fram, positionerade på en skala av olika grader av engagemang hos kunder och olika mängder distribuerad produktion i elnäten. Scenarierna kallas "Anslut och glöm" med passiva kunder och mycket distribuerad energi genom lokalnäten, "Prosumentens segertåg" med aktiva kunder och mycket distribuerad energi genom lokalnäten, samt "Backup-nätet" med passiva kunder men lite distribuerad energi och "Off grid" med aktiva kunder och mikronät men lite distribuerad energi genom lokalnäten.

I en Handlingsplan för öppna elnät har Elinorr identifierat aktiviteter och åtgärder som kommer att krävas i samtliga scenarier. Aktiviteterna delas in i områdena "Kundförståelse", "Övervaka osäkerheter och justera strategin", "Handlingsplan för öppna elnät", "Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering", "Standardisering", "Nätdrift, övervakning och stabilitet" samt "Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet". De beskriver med olika aktiviteter hur dessa

⁶⁵ Anna Nordling, *Sveriges framtida elnät, en delrapport*. IVA, 2016

⁶⁶ <https://www.energimarknadsinspektionen.se/sv/nyhetsrum/nyheter/nyheter-2019/investeringarna-i-elnaten-okar/>

⁶⁷ Elinorr, *Strategi för öppna elnät*, 2019

åtgärder kommer att behöva implementeras och utvecklas på kort, medellång och lång sikt.

Energiföretagens satsning Samling för nätkapacitet⁶⁸ adresserar också frågan om vilka åtgärder som måste vidtas i elnäten, med inriktning på överföringskapaciteten. De har samlat aktörer från elbranschen, som gemensamt tagit fram 50 förslag på åtgärder. Aktörerna presenterar inte förslagen i konsensus utan som en sammanställning av samtligas åsikter, men 10 av förslagen pekas ut som viktiga. På Elnätsdagarna 2019 uppgav Samling för nätkapacitet att bibehållen lokal produktion är en snabb men kortsiktig lösning, och att inget ersätter investeringar i elnäten, från stamnät till region- och lokalnät. De uppger att en bra samhällsplanering kan göra skillnad, och att flexibilitet är ett bra komplement.

Energimarknadsinspektionen startade nyligen ett projekt⁶⁹ som ska utreda hur kapacitetsbristen i elnäten kan hanteras. De ska bland annat ser över möjligheterna att prioritera anslutningar. De ska även kartlägga hur nuvarande och planerade åtgärder avhjälper kapacitetsbristen, och hur effektiva vissa åtgärder är.

En annan aspekt på nätinvesteringar är att tidsperioderna i intäktsregleringen är kortare än till exempel planer för upptrappning av elvägsteknik. Det kan göra det krångligare att dimensionera anläggningar efter en last som förväntas trappas upp under ca tio år, medan intäktsramarna regleras för tre år. Detta är något som måste samordnas med de som ansöker om anslutning, i det här fallet elvägsoperatörer. Ytterligare en aspekt av nätplanering är att det nuvarande regelverket resulterar i att den anslutning som kräver ökad nätkapacitet får ta den högre anslutningsavgiften. Nätföretagen har inte heller rätt att prioritera anslutningsansökningar.

Sweco genomförde en enkätstudie utsänd till alla Sveriges lokal- och regionnätföretag på uppdrag från Energimarknadsinspektionen. Studien resulterade i en rapport vid namnet *Nätföretagens drivkrafter för investeringar*⁷⁰ som klarlägger dessa drivkrafter. De viktigaste drivkrafterna för investering var:

- Uppfylla kunders förväntan på kvalitet
- Ersätta uttjänade anläggningar
- Uppfylla funktions- och leveranssäkerhetskrav från myndigheter

Vid val av teknik säger omkring 90 procent av nätföretagen att el- och leveranssäkerhet är mycket viktigt. Mindre förluster och negativ miljöpåverkan säger omkring 30 procent av nätföretagen vara mycket viktig. Vid val av teknisk lösning eller komponent är låg kostnad viktigare för större företag, medan lång livslängd är viktigare för mindre företag. Rapporten bedömer att det finns ett behov att öka investeringsnivån främst för att anläggningar är uttjänade. Dock var det endast 85 procent av prognostiserade investeringar som utfördes 2016, på grund av brist på planerings- och utföranderesurser samt långa

⁶⁸ Energiföretagen, *Samling för nätkapacitet – Så river vi hindren för omställning och tillväxt*, okt 2019

⁶⁹ <https://www.ei.se/sv/Projekt/Projekt/kapacitetsutmaningen-i-elnaten/senaste-nytt-i-projektet/nytt-regeringsuppdrag-ei-ska-analysa-kapacitetsbristen-i-elnaten/>

⁷⁰ Bergerlind Johan et al., *Nätföretagens drivkrafter för investeringar*. Sweco, 2017

handläggningstider. Detta kan betyda att bolagens resurser måste anpassas till högre investeringsnivåer vilket kan ta tid. Att 120 av 165 av elnätsföretagen planerar att höja investeringstakten kan ses som ett gott tecken. Dock kan Energimarknadsinspektionens förhandsreglering av intäktsramen för perioden 2020 – 2023 komma att innebära en i många fall lägre intäktsram för nätföretagen. Bland mindre företag var brist på finansiering en vanlig anledning till att investeringar inte genomfördes. Risken finns att investeringsbehovet växer samtidigt som intäktsramen sjunker för dessa företag. Det kan vara tänkvärt för nätföretagen att se över sina resurser för att inte halka efter i den kommande investeringstunga perioden.

4 Sammanställning och rekommendationer

4.1 FÖRSTUDIEN

Förstudien fokuserade enligt önskemål från workshoparna på solcellsproduktion och elektromobilitet. Dess slutsatser var att den ökande andelen mikroproduktion har hittills inte skapat problem i lokalnätet, men att det är tänkbart att det kan bli varierande elkvalitet och elsäkerhet i framtiden och att det saknas mycket kunskap om hur mikroproducerad solet kommer påverka lokalnätet. Nätägarna har börjat ta hänsyn till elektromobilitet vid investeringar, men det råder en osäkerhet i var, hur och när elektromobiliteten kommer att påverka lokalnäten och om investeringarna blir lönsamma. Resultat från projekt och forskning antyder att laddinfrastrukturen främst kommer påverka lokalnäten på kvartersnivå. En slutsats i ett flertal rapporter är att metoder för dimensionering av nätkomponenter måste anpassas till den ökande mängden elbilar, eftersom laddeffekterna utgör en så pass stor utökning av nuvarande effektuttag. En kommentar från aktörer i branschen är att tillkommen laddinfrastruktur behöver synliggöras på något vis, för att nätägarna snabbare ska få kunskap om utvecklingen i deras nät. Det är också nödvändigt att arbeta vidare med att öka kunskap och förståelse för hur lokalnäten kommer påverkas av elektrifiering av transporter och ökande mikroproduktion i nätet.

Kapacitetsbristen i region- och stamnäten ses enligt förstudien som ett indirekt problem som kan bli värre med elektrifieringen av industrin. Att elförbrukningen ökar i lokalnätet är dock inte lika oroande som en eventuell effektökning. Förstudien pekar mot att det finns utrymme för mer effekt i många lokalnät, men att det i framtiden ser ut att bli kapacitetsbrist innan näten hinner byggas ut. Det kan leda till att nyanslutningar såsom industrier, vindkraft och bostadsområden skjuts fram i tiden, samt att lokalnäten blir låsta mot sina abonnemang mot angränsande nät. Eftersom nätbolagen är skyldiga att ansluta nya kunder i sitt koncessionsområde så blir deras situation problematisk. Om efterfrågan på el ökar snabbare än vad region- och stamnäten byggs ut hjälper det inte att lösa problemen med nätförstärkning. Då måste den tillgängliga energin allokeras om i nätet så gott det går.

Efterfrågefleksibilitet har de senaste åren kommit att bli ett populärt samtalsämne inom forskarvärlden, politiken och energibranschen. Det ses som en lösning dels för att bemöta framtidens förnyelsebara elproduktion, och dels för att hantera de kritiska kapacitetsbristerna. I nuläget ligger elnätsföretagen i startgroparna för att börja hantera efterfrågefleksibilitet. EU har slagit fast rekommendationer för energilager och laddinfrastruktur, och EI kommer inom kort att publicera sina analyser av hur rekommendationerna ska implementeras i Sverige. Rekommendationerna är tydliga med att nätverksamheten ska vara fränskild från elhandel, så efterfrågefleksibilitet i form av lagring kommer med största sannolikhet att skötas av separata aktörer. Efterfrågefleksibilitet i form av laststyrning kan ske med incitament från nätföretagen genom nättariffer, och från elpriset genom elhandelsföretagen. Den kan också ske på olika nivåer i elsystemet.

4.2 REKOMMENDATIONER

En viktig aspekt inför den framtida efterfrågeflexibiliteten är att koordinera och eventuellt prioritera olika aktörers incitament och styrning. Elpriset korrelerar inte nödvändigtvis med tillgänglig kapacitet i näten, och optimering av ett enskilt lokalnät korrelerar inte heller nödvändigtvis med regionnätet som kan ha olika typer av lokalnät anslutna. För att efterfrågeflexibilitet i större skala ska ha en fortsatt betydelse för nätplanering och framtida dimensioneringar av komponenter, så måste det stå klart hur styrningen kommer att fungera. På lång sikt är det också av vikt att om elnätsföretagen ska dimensionera komponenter med antagandet om att efterfrågeflexibilitet sänker effektuttaget, så måste marginaler och eventuella maximala överträdelser vara fastställda.

För lokalnätsägare kan det därför i framtiden bli viktigare att mer detaljerat utreda och kartlägga sin nätkapacitet, och sina möjligheter och behov av efterfrågeflexibilitet. Dels för att kunna leva upp till EU-direktivens krav om att upphandla efterfrågeflexibilitet om det är samhällsekonomiskt effektivt. Dels för att kunna koordinera och positionera sig mot övriga aktörers styrning, såsom elhandlare och regionnätens och stamnätets styrning och efterfrågeflexibilitet.

Ett verktyg för att utreda efterfrågeflexibiliteten är nyckeltal på hur mycket effekt som kan komma att variera och styras hos olika kunder. En villaägare kan till exempel framöver inneha flera komponenter som kan bidra till flexibilitet. Dock kommer inte varje hushåll ha en bergvärmepump, ett batterilager eller en elbil, utan det kommer variera från hushåll till hushåll. Ett sätt att kvantifiera den tillgängliga effekten är att hitta nyckeltal för olika komponenter. Butiker, kontor och industrier är andra exempel på kunder där komponenter skulle kunna bidra med flexibilitet. Det kan därför vara av vikt att ta fram och inkludera sådana nyckeltal när lokalnäten utreds.

Ett annat verktyg skulle kunna vara en kunskapsbank för smarta elmätare. Genom att skapa en standardiserad lösning för struktur på mätvärden från smarta mätare kan metoder och verktyg utformas för att enkelt kunna användas av nätägare. Metoder och verktyg kan, i form av program eller kod, samlas i en kunskapsbank så att nätägare lättare och mer effektivt kan använda smarta mätare. Kunskapsbanken kan också fungera som en databas för mätarvärden, där forskningsprojekt enkelt kan hitta empiriska data från verkliga nät att utföra simuleringar på och på så vis påskynda forskning inom området.

Information, erfarenheter och verktyg för flexibilitetslösningar skulle kunna samlas i en plattform, med syfte att sprida kunskap om och förenkla användandet av flexibilitetslösningar. Där skulle kunder också kunna få hjälp att hitta tjänster för flexibilitet. Det kan gälla enskilda villaägare, bostadsföreningar, företag och även nätägare. Då kan aggregatorer, energiproducenter och företag med smarta tjänster lättare komma i kontakt med kunder och tjänster. Nätverket kan också arbeta för att koppla samma forskningsprojekt med aktörer i lokalnätet, samt hjälpa nätägare hitta samarbetspartners och ekonomiska bidrag till pilotprojekt.

Vid kartläggning och framtagning av nyckeltal kan distribuerad produktion i mångt och mycket behandlas på samma sätt. Att utreda kapaciteten för att ansluta produktion, och möjligheter och behov av att upphandla reglertjänster för aktiv

och reaktiv effekt i ett framtida distributionssystem skulle kunna göras på liknande sätt som för efterfrågeflexibilitet.

På grund av de osäkerheter som finns i den pågående omställningen till ett fossilfritt samhälle, är det viktigt att övervaka trender och politiska beslut. Det är viktigt både att hålla koll på vilka tekniker som kommer utvecklas snabbast, och att kunna bidra med kompetens och underlag om elnätens funktion och kapacitet till beslutsfattare och övriga aktörer. Ett första steg för lokalnätägare kan vara att vidta de åtgärder som identifierats som gemensamma oavsett scenarieval i Elinorrs Strategi för öppna elnät. Att på så vis i möjligaste mån försöka skapa kompatibilitet för olika scenarier. En viktig aspekt i ett sådant arbete är just att kunna styra effekter, för att undvika överdriven dimensionering eller utbyggnad för tekniker som riskerar att bli tillfälliga. En bransch som har erfarenhet av att arbeta med snabb och marknadsstyrd utbyggnad och kompatibilitet mellan olika tekniker, är IT-branschen. Det är möjligt att det finns kunskaper och erfarenheter att inhämta från dem.

Ett flertal av de aktörer som utvecklar omställningen till eldrift har idag en begränsad kunskap om elnätens funktion och tekniska egenskaper. Även inom samhälls- och vägbyggnad finns ett behov av information om möjligheter och begränsningar för anslutning till elnäten. Inom bland annat fordonsteknik och IKT-teknik efterfrågas samarbete med elnätsföretagen, för att kunna optimera sina produkters anslutning till elnäten.

Elnätsföretagen kan ta en proaktiv roll i samhällsomställningen genom att förmedla kunskap och erfarenheter från elnätsdrift och nätutbyggnad till nya aktörer. Genom kommunikation och samverkan kan förutsättningar för nätanslutning förmedlas och diskuteras i ett tidigt skede. Sådan samverkan behövs både på systemnivå, där kommunikation till forskare och beslutsfattare med fördel kan ske via samverkan mellan lokalnätätag, och på lokal nivå med kommunala aktörer. Om elnätsföretagen tar en reaktiv roll i samhällsomställningen riskerar det att fördröja utvecklingen. Övriga aktörer kan då basera sina planer på bristfällig kunskap och underlag om möjligheterna till anslutning, som resulterar i att planer får revideras eller skjutas upp.

4.3 FORTSATT ARBETE

Projektet Nya flöden i lokala elnät kommer att fortsätta som en del av industrinätverket Elkraft under år 2020, med fokus på de frågor som beskrivs i Rekommendationer.

Sökord

Lokalnät, nätplanering, distributionsnät, elnätsföretag, trender, distribuerad produktion, efterfrågeflexibilitet, strategier

Nya flöden i lokala elnät

Elnätsföretagen kan ta en proaktiv roll i samhällsomställningen genom att kartlägga status och förutsättningar i de egna näten, och genom att förmedla kunskap och erfarenheter från elnätsdrift och nätutbyggnad till nya aktörer. Genom kommunikation och samverkan kan förutsättningar för nätanslutning förmedlas och diskuteras i ett tidigt skede. Sådan samverkan behövs både på systemnivå, där kommunikation till forskare och beslutsfattare med fördel kan ske via samverkan mellan lokalnätsföretag, och på lokal nivå med kommunala aktörer. Om elnätsföretagen tar en reaktiv roll i samhällsomställningen riskerar det att fördröja utvecklingen. Övriga aktörer kan då basera sina planer på bristfällig kunskap och underlag om möjligheterna till anslutning, som resulterar i att planer får revideras eller skjutas upp.

Ett nytt steg i energiforskningen

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