

ELKRAFTFÖRSÖRJNING I GÄVLEBORG

- En framtidsriktad systemanalys

KUNSKAPSUNDERLAG FRÅN ARENA ELKRAFT GÄVLEBORG



Copyright © 2021 Sweco Sverige AB

All rights reserved

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without the prior written permission of Sweco Energy AB.

Disclaimer

While Sweco Sverige AB ("Sweco") considers that the information and opinions given in this work are sound, all parties must rely upon their own skill and judgement when making use of it. Sweco does not make any representation or warranty, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of the information contained in this report and assumes no responsibility for the accuracy or completeness of such information. Sweco will not assume any liability to anyone for any loss or damage arising out of the provision of this report.

FÖRORD

Arena Elkraft Gävleborg är ett regionalt nätverk med fokus på elkraftsförsörjningens ökade betydelse för såväl klimatomställning som att möjliggöra förnyelse och utveckling i Gävleborg. Frågan om "elen räcker" har blivit högaktuell bara de senaste åren i takt med digitaliseringens och omställningens snabba utveckling i näringsliv och samhälle, och där just elkraft och elektrifiering blivit något av en huvudnyckel.

I Gävleborg har frågan om tillgång och behov av elkraft också varit i fokus ur flera perspektiv. Det har handlat om ökat behov av elkraft till följd av etableringar av elintensiva företag, elektrifiering av industri och transporter; utmaningar som kapacitet i näten och långa tillståndsprocesser; men också om möjligheter med teknikutveckling, vätgassystem och utbyggnad av förnyelsebar elproduktion som till exempel vindkraft. Elkraft är kort sagt en fråga med stort omfång, och där det också är många aktörer med olika roller, uppdrag och intressen på flera nivåer som utgör komponenter i elkraftssystemet. Det gör samtidigt att det blir svårt att få en helhetsbild över hur det hänger samman, liksom hur behov och utmaningar ser ut för oss i ett regionalt perspektiv. Detta ledde också fram till att behovet av en regional samverkansarena växte fram under 2020.

Arena Elkraft är idag en etablerad mötesplats för privata och offentliga aktörer från lokal till nationell nivå. Arenan samlar elproducenter, eldistributörer, industri, näringsliv, akademien, kommuner och regionala myndigheter. Syftet är att stärka samverkan och öka kunskap och systemsyn om behov och lösningar som säkrar en långsiktigt hållbar och konkurrenskraftig elförsörjning i Gävleborg. Region Gävleborg har även fått nationella medel från Tillväxtverkets program Tillväxtskapande samhällsplanering för att utveckla arenan och lyfta fram elkraftsförsörjning som en del i det regionala utvecklingsarbetet.

En viktig del i arenas arbete har varit att skaffa en gemensam bild av såväl nuläge som framtida tillgång och behov av elkraft i Gävleborg, liksom hur vi tillsammans kan bidra till förbättringar och lösningar inom länet. Detta kunskapsunderlag utgör en viktig del i det arbetet. Bakom rapporten står Sweco med ett projektteam lett av Frank Krönert. Underlaget utgår från aktuell kunskapsfront och baseras även på ett tjugotal fördjupade intervjuer med privata och offentliga aktörer med viktiga insikter om nuläge, pågående och framtida satsningar av betydelse för utvecklingen inom Gävleborg.

Vår förhoppning är att rapporten ska bidra till ökad kunskap om elkraftsförsörjningens roll i samhället och de drivkrafter och utmaningar som just nu pekar mot ett snabbt ökat behov av ökad nätkapacitet, tillgång på mer förnybar el och lagringsmöjligheter. Vi hoppas också att den stärker insikter om situationen i Gävleborg och de behov och utmaningar som vi står inför – men också de möjligheter och lösningar vi både har och kan utveckla tillsammans för att möjliggöra en elkraftsförsörjning som räcker till både klimatomställning och utvecklingskraft i hela länet.

Arena Elkraft Gävleborg

November 2021

SAMMANFATTNING

Rapporten syftar till att bidra med kunskap om hur elanvändningen och effektbehovet samt elproduktionen kan komma att utvecklas i Region Gävleborg samt vilka utmaningar och lösningar som finns för elsystemet och specifikt i regionen. Sweco utgår från aktuell kunskap, statistik och analyser av den prognostiserade kortsiktiga utvecklingen samt en långsiktig scenarioanalys. Som en del av uppdraget har det genomförts ett tjugotal fördjupade intervjuer med privata och offentliga aktörer med viktiga insikter om nuläge samt pågående och framtida satsningar av betydelse för utvecklingen inom Gävleborg.

Gävleborg har under de senaste sex åren haft en enbart marginellt ökande elanvändning med en negativ elenergibalans på ca. 0.5-1.7 TWh/år. Den totala elanvändningen i regionen är präglad av industrin och har under det senaste decenniet enbart ökat marginellt till cirka 5,2 TWh år 2019. Sweco har tagit fram två scenarier för den framtida elanvändningen i Gävleborg, eftersom den långsiktiga utvecklingen är förknippad med stora osäkerheter och beror på en mängd faktorer, inte minst tillgången till nätkapacitet för att möjliggöra för industrisatsningar och attrahera nya aktörer till regionen. I båda scenarierna sker därför en kraftig ökning av elanvändningen, varav en stor del tillkommer under de kommande 5–10 åren. Elanvändningen ökar med 25 % till 2025, 50–65 % 2030 och 50–100 % 2045. Eftersom scenarierna i stor utsträckning baseras på existerande planer från intervjuer med regionala aktörer är det naturligt att utvecklingen sker i en långsammare takt längre fram i tiden.

I likhet med övriga Sverige – där vätgasplanerna formligen exploderat under de senaste 1,5 åren - finns det betydande planer för vätgasproduktion i länet. Det finns en vision om att skapa ett svenskt "Hydrogen Valley" och enligt Vätgas Sverige kan Gävleborg bli en ledstjärna i Sverige inom detta område. Utöver att ett flertal industriaktörer överväger egen vätgasproduktion så indikerar även vindkraftsproducenter i länet att det kan komma att bli aktuellt med vätgasproduktion.

Det har funnits ett stort intresse från ett flertal företag att etablera olika storlekar av datacenter i regionen, men det projekt som är längst gånget och är störst i omfattning är Microsofts etablering i Gävle och Sandviken. I kölvattnet av denna etablering bedöms dock finnas en efterfrågan på "colocations" av andra, mindre, datacenter i närheten av stora datacenter. Transportsektorn står idag för en mycket liten del av den totala elanvändningen, men för att nå energi- och klimatmål behöver hela sektorn ställa om och här kommer elektrifiering spela en stor roll.

Elproduktionen i regionen har varierat mellan cirka 3,3 TWh till 4,7 TWh under åren 2013–2019 med en ökande trend mot mer variabel elproduktion. Tillväxten har drivits av vindkraft, men även av kraftvärme som ökat till nästan 1 TWh under samma period. Den idag kända potentiellt tillkommande elproduktionen i Gävleborg fram till 2030 som kan möta den ökande efterfrågan uppgår till ca. 5200 MW och ca. 20 TWh som huvudsakligen utgörs av vindkraft och speciellt av havsbaserad vindkraft. De idag kända projekten inom havsbaserad vindkraft står för 3660 MW, vilket motsvarar 71% av den potentiella kapacitetsökningen mellan 2021–2030 och med 15 TWh som motsvarar cirka 75% av den potentiellt tillkommande produktionen. Den stora volymen av ny tillkommande produktion inklusive all havsbaserad vindkraft kan enbart realiseras under andra halvan 2020-talet så länge tillstånds- och nätanslutningsfrågorna kan lösas. De idag kända projekten inom landbaserad vindkraft står för 1473 MW potential till 2030 (ca. 4,9 TWh normalårsproduktion). Av dessa landbaserade projekt är cirka en femtedel tillståndsgivna.

Enligt Svenska Kraftnät som är ansvarig för transmissionsnätet har Gävleborgs elnät inte nått det maximala utnyttjandet men det börjar närma sig gränsen i södra delen av regionen (Gävle/Sandviken) medan det längre norrut finns ett visst utrymme. Företagens syn är att nätkapacitetsläget är bra just nu allt annat lika men det råder oklarheter vid större tillkommande laster där vätgas och bio-carbon-capture and storage (BECCS) är kommande satsningar som kan kräva mer el. Även flera kommuner i Gävleborg anser att nuvarande nätkapacitetsläget klarar av vanlig tillväxt men att det saknas möjlighet att attrahera elintensiv industri med kort varsel. Svenska kraftnät planerar och genomför också stora förstärkningar av transmissionsnätet i nord-sydlig riktning inom ramen för NordSyd projektet, som när det är klart väntas kunna innebära ytterligare kapacitet till Gävleborg om 1000 MW.

Vissa av utmaningarna för elsystemet i Gävleborg är av mer lokal karaktär medan andra är av mer nationell eller t.o.m. internationell karaktär. Kraftsystemet är komplext och sammankopplar olika delar av Sverige med varandra samt med närliggande länder, och medan man för vissa typer av utmaningar kan identifiera lösningar lokalt så behöver flera utmaningar sättas i ett nationellt eller till och med internationellt sammanhang.

En utmaning som återfinns i Gävleborg, men som även existerar i stora delar av Sverige, är långa ledtider för elnätsutbyggnad och en låg acceptans för upprättande av luftledningar. Potentiella lösningsförslag gällande ledtiderna för elnätsutbyggnad inkluderar att tillsätta extra resurser till Energimarknadsinspektionen, Lantmäteriet och Länsstyrelserna, ökade resurser för miljöprövning och i större utsträckning beakta avvägningen med klimatnytta i tillståndsprövningen. Lösningsförslag gällande låg acceptans för upprättande av luftledningar inkluderar att kommuner har tidiga dialoger med regionnätsägare och Svenska kraftnät i sin översiktsplanering så att de förfrågningar och behov som finns i området kan tillgodoses.

En annan utmaning, både för Gävleborg och för stora delar av övriga Sverige, är att tillståndprocesserna för etablering av ny elproduktion, främst vindkraft, tar för lång tid enligt utvecklarna samt att dessa projekt ofta möter ett lokalt motstånd. Potentiella lösningsförslag gällande de utdragna tillståndprocesserna inkluderar, enligt vindkraftsaktörer, ökade medel för de myndigheter som hanterar tillståndprocesser och en översyn av den så kallade turordningsregeln där vissa typer av projekt med hög klimatnytta kan prioriteras. Lösningsförslag gällande den stundtals låga lokala acceptansen inkluderar att tydliggöra hur regionens industri- eller tillväxtpolitik hänger ihop med dess energipolitik för att säkerställa att den regionala och lokala näringsutvecklingen ska kunna ske på ett effektivt sätt och stärkta ekonomiska incitament för lokalbefolkningen så som en utveckling av byggedpen.

Regionnätsägarna anser att elnätskapaciteten i länet för närvarande är tillräcklig på de flesta platser. Det finns dock utmaningar på längre sikt, både kopplat till inmatning av produktion eller mer uttag av el. Alla tre regionsnätsägare uppger att storleken på förfrågningarna på uttag ökar, och att de ibland är större än hela den nuvarande elanvändningen i området.

Stora tillkommande produktionspunkter på land och framgent till havs utgör en ytterligare utmaning för Gävleborg. Lösningsförslag inkluderar ökad och förbättrad dialog mellan de involverade aktörerna där planerade projekt flaggas upp så tidigt som möjligt, där näringsliv, kommuner, nätbolag och myndigheter i större utsträckning behöver samverka, att kommuner har tidiga dialoger med regionnätsägare och Svenska kraftnät i sin översiktsplanering så att de förfrågningar och behov som finns i området kan tillgodoses och andra parametrar som kommer eller behöver förbättras är tillståndprocesserna och flexibla abonnemang med tydliga prissignaler.

Även stora tillkommande punktlaster som uppstår med kort varsel är en utmaning för Gävleborg. Lösningsförslag gällande stora tillkommande punktlaster inkluderar dialoger kring förbrukningsprognoser som skulle ske i flera led. Svenska kraftnät behöver underlag av regionnätsbolagen som i sin tur behöver hjälp av kommuner och regioner för att kunna samla in information gällande kommande processer och etableringar.

Vissa aktörer i Gävleborg efterfrågar mer transparens när det gäller kapacitetsläget i elnätet. Detta relaterar framförallt till kommuner och aktörer som vill etablera ny industriverksamhet i regionen som upplever att den information de får från elnätsbolagen i vissa fall är bristfällig eller otydlig. Det som aktörer i Gävleborg, men även i andra delar av landet, i korthet efterfrågar är en form av "effekt-karta" där den tillgängliga kapaciteten illustreras.

Flera kommuner anser att det finns ett odefinierat ägarskap över länsövergripande kraftförsörjningsfrågor. Detta är inget problem som är unikt för Gävleborg utan organisationer runt om i Sverige, även inom energibranschen, tampas med denna fråga för tillfället. Utan ett tydligt ägarskap av frågan så riskerar hanteringen av problematiken att falla mellan stolarna eller att kontinuerligt försenas. Potentiella lösningsförslag från kommunerna inkluderade att regeringen borde utse någon som har ansvar för dessa typer av frågor.

Ökad behov av dialog mellan olika parter var ett återkommande behov som lyftes i den intervjustudie som Sweco utförde. Detta berörde samtliga aktörstyper och bristerna låg dels i frekvensen av kommunikationen, dels i informationens kvalitet men även i en upplevd brist på tidig dialog proaktivitet och engagemang hos den andra parten. Nämnvärt är att i princip samtliga intervjuade aktörer inom ramen för intervjustudien efterfrågade mer proaktivitet – från en annan aktör. Denna utmaning är en aggregering av flera olika typer av problem och utmaningar som uppstår inom och mellan organisationer och kan inte hanteras med en enskild lösning. Tidig dialog om behov och möjligeter, fler gemensamma kontaktytor och ett ökat engagemang och samsyn skulle med all sannolikhet delvis adressera denna utmaning, något som stöds genom Arena Elkraft.

FÖRKORTNINGAR OCH BEGREPPSBESKRIVNINGAR

Effekt	Effekt beskriver hur mycket energi som går åt för att uträtta ett visst arbete per tidsenhet och mäts i watt (W).
Effektbrist	Effektbrist är en <i>momentan</i> brist på el som uppstår om det inte är balans mellan inhemsk produktion/import och användning under något tillfälle.
Elbrist	Elbrist, eller elenergibrist som är ett mer korrekt uttryck, uppstår när elen som produceras i Sverige inte räcker till för att uppfylla behovet av el under ett år.
Elenergi	Elektrisk energi (elenergi) består av laddningar i rörelse. I elsystemet uttrycks den elektriska energin som en funktion av spänning och ström, och den vanliga storheten är wattimmar med lämpligt prefix (tex kWh). Elektrisk energi är en mycket högvärd energiform som med små förluster kan omvandlas till andra energiformer eller användas till arbete.
Flaskhals	Lokal begränsning i elnätet som gör det svårare att överföra elproduktion från ett område till ett annat. Kan exempelvis utgöras av otillräckliga ledningar (för låg ledningskapacitet).
Flexibilitet	Flexibilitet i kraftsystemet innebär att produktion och användning kan ändras efter behov eller flyttas över tid för att upprätthålla systembalans frekvensen 50 Hz. Strategier för att uppnå flexibilitet innefattar flexibel elproduktion, efterfrågefleksibilitet och energilager.
Frekvens	Storhet som mäts i enheten Hertz (Hz) och används för att beskriva antalet repetitiva händelser inom ett givet tidsintervall. I elnätet ska frekvensen hållas till 50 Hz vilket upprätthålles genom att upprätthålla balans mellan produktion och förbrukning av elenergin i kraftsystemet.
Lokalnät	Lokalnätet kan liknas vid elnätets småvägar som transporterar elen den sista biten fram till hushåll och andra slutanvändare på 0,4–20 kV.
Marknadsintegration	Marknadsintegration syftar till att öka eller bibehålla marknadskapaciteten mellan de svenska elområdena och mellan Sverige och grannländerna.
Nätkapacitetsbrist	Nätkapacitetsbrist – oftast endast kapacitetsbrist - uppstår då de fysikaliska egenskaperna i elnätet begränsar nätets överföringsförmåga, dvs. då det blir för "trångt" i elnätet.
Programpaketet NordSyd	Svk studerar och analyserar transmissionsnätets förmåga att överföra el från norr till söder i programpaketet NordSyd. Programmet utgör en av de större investeringarna i transmissionsnätet de kommande 10 åren. Över Snitt 2 mellan SE2 och SE3 finns tre gamla 220 kV-ledningar och åtta 440 kV-ledningar av varierande ålder, där den äldsta är världens första 400 kV-ledning från 1952. Ledningarna kommer inom kort uppnå sin tekniska livslängd samtidigt som ett större överföringsbehov väntas.
Regionnät	Regionnätet kan liknas vid elnätets landsvägar som transporterar el från stamnätet till lokalnäten över medellånga sträckor på spänningsnivåer om 30–150 kV.
Spänning	Spänning, eller mer precist elektrisk spänning anger skillnaden i elektrisk potential mellan två punkter. För överföring av elektrisk energi över långa sträckor är högre spänning mer effektiv. Komponenter i elsystemet är utformade för vissa spänningsnivåer och om dessa inte

	upprätthålls finns risk för skador på person och egendom samt att komponenterna inte fungerar som de ska.
Systemförstärkningar	Systemförstärkningar inkluderar de investeringar som görs i transmissionsnätet för att öka kapaciteten inom ett elområde.
Transmissionsnät	Transmissionsnätet kan liknas vid elnätets motorvägar som transporterar stora mängder el långa sträckor på höga spänningsnivåer om 220-400 kV.
Överföringskapacitet	Hur mycket effekt som kan överföras mellan olika delar av elsystemet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
FÖRKORTNINGAR OCH BEGREPPSBESKRIVNINGAR	6
INLEDNING	1
1 NULÄGE EL- OCH EFFEKTBEHOV SAMT PRODUKTION I GÄVLEBORG	2
1.1 Gävleborg ur ett samhällsperspektiv	3
1.2 Det svenska kraftsystemet tillgodoser samhällets behov av el	5
1.2.1 Elanvändningens utveckling	6
1.2.2 Elproduktionens utveckling	6
1.2.3 Import och export	7
1.2.4 Faktorer som påverkar det svenska kraftsystemet	7
1.2.5 Elmarknaden och dess aktörer	8
1.2.6 Elbrist, effektbrist eller kapacitetsbrist?	13
1.2.7 Och vad betyder leveranssäkerhet?	14
1.3 Nuläge elanvändning och effektbehov i Gävleborg	15
1.4 Nuläge elproduktion i Gävleborg	21
2 UTVECKLING AV EL- OCH EFFEKTBEHOV SAMT ELPRODUKTION I GÄVLEBORG	25
2.1 Sveriges elanvändning väntas öka markant efter över 30 år av små förändringar	26
2.2 Utveckling av elanvändningen i Gävleborg	29
2.2.1 Industri – Stort spann med stora osäkerheter gällande elanvändningen framöver	29
2.2.2 Produktion av vätgas och elektrobränslen	30
2.2.3 Datacenter	31
2.2.4 Transporter	32
2.2.5 Scenarier för Gävleborgs framtida elanvändning och effektbehov	36
2.3 Möjligheter för framtida elproduktion i Gävleborg	39
2.3.1 Utveckling för olika kraftslag i Sverige	39
2.3.2 Produktionslagens förmågor skiljer sig åt och behöver tas hänsyn till	41
2.3.3 Ny potentiell elproduktion i Gävleborg	43
2.4 Nätutveckling med relevans för Gävleborg	46
2.4.1 Behov av utveckling av transmissionsnätet enligt Svk	46

2.4.2	Regionnätet förstärks	52
2.4.3	Lokalnätet förstärks	54
3	UTMANINGAR OCH LÖSNINGAR	56
3.1	Utmaningar och lösningar – det regionala vs det nationella perspektivet	56
3.2	Lösningar kräver samspel och systemsyn	58
3.2.1	Elnätsrelaterade lösningar	59
3.2.2	Elproduktionsrelaterade lösningar	60
3.2.3	Efterfrågerelaterade lösningar	64
3.2.4	Energilager	65
3.3	Gävleborgs utmaningar och lösningar	69

INLEDNING

I flera storstadsregioner i Södra och Mellansverige har elnäten blivit en begränsande faktor för tillväxt och bostadsbyggande och i takt med ett ökande effekt- och energibehov på nationell nivå får elnätets överföringskapacitet allt större betydelse. Medan det nyligen har uppdragats exempel där företagsetableringar avbrutits på grund av bristande kapacitet i elnätet, ställer elektrifiering av transporter och industrin stora krav på lösningar kring att tillräcklig effekt och leveranssäkerhet ska finnas tillgänglig för att tillgodose elanvändarnas effektbehov på längre sikt och möjliggöra tillväxt. Nya volymdrivande användningsområden som vätgasproduktion och en framtida potentiellt hög andel variabel kraftproduktion inom industrin ökar angelägenhetsgraden.

Det saknas idag en gemensam och fördjupad kunskapsbild av såväl nuläge som framtida behov och utbud av elkraft i Gävleborg. Regionen har hittills haft goda förutsättningar vad gäller kapacitet men utvecklingen visar att det kan bli ett reellt hinder även för Gävleborg, inte minst vad gäller effekt för potentiella större elkrävande nyetableringar som kommer med kort varsel. Regionen bedömer också att det generellt kan bli framtida problem att klara av det ökade elbehov som kommer att krävas för att säkra länets omställning till ett fossilfritt samhälle, näringsliv och transportsektor. Samtidigt har Gävleborg goda förutsättningar för ännu mer produktion av grön elkraft främst genom nyetableringar av land- och havsbaserad vindkraft, samt pågående utveckling av vätgasteknik för lagring etc, vilket tillsammans också kan bidra till att stärka länets elkraftsförsörjning, utveckling och omställning. En stabil och säker energiförsörjning med hög andel fossilfritt innehåll och låga elpriser är en av konkurrensfördelarna för Sverige som land och därmed en viktig faktor för hållbar utveckling och omställning till ett hållbart och fossilfritt samhälle.

Därför har Region Gävleborg tillsammans med lokala, regionala och nationella aktörer etablerat en regional samverkansarena "Arena elkraft". Syftet med arenan är att stärka samverkan mellan aktörer, bygga gemensam kunskap och tillsammans påverka förutsättningar för en långsiktigt hållbar och konkurrenskraftig elkraftförsörjning i Gävleborg.

Med anledning av den komplexa situation som Gävleborg befinner sig i är det av högsta vikt att regionen har kunskap kring hur elanvändningen och effektbehovet kan komma att utvecklas i regionen.

Föreliggande rapport syftar därför primärt till att ge en fördjupad bild av förutsättningar, utmaningar och möjligheter för Gävleborgs elkraftsförsörjning på både kort och längre sikt, men också att den ska kunna bidra till en ökad förståelse för det svenska elkraftsystemets struktur, funktion och utmaningar i ett systemperspektiv.

Rapporten har tre huvudkapitel som i tur och ordning behandlar nuläge, behov och utmaningar följt av möjliga lösningar för Gävleborg, där analys och förslag sätts i ett relevant helhetsperspektiv. Rapporten är ett kunskapsunderlag som ska fungera att läsa såväl som helhet som att dyka ner i särskilda avsnitt. Varje kapitel inleds också med en kort summering av centrala slutsatser för den som önskar en snabb översikt.

1 NULÄGE EL- OCH EFFEKTBEHOV SAMT PRODUKTION I GÄVLEBORG

Gävleborg är ett ytmässigt stort län med tio kommuner och knappt 300 000 invånare. Länet är en av de mest utpräglade skogsregionerna i Sverige med viktig papper och -träindustri samt stålindustri. Industrins bidrag till ekonomin i länet är stort relativt riket och det finns en betydande logistikverksamhet.

Länet har under de senaste 6 åren haft en negativ elenergi balans på ca. 0,5-1,7 TWh/år. Den totala elanvändningen i regionen är präglad av industrin och har under det senaste decenniet enbart ökat marginellt, från cirka 5 TWh 2009 till cirka 5,2 TWh år 2019, med en toppnotering på lite över 5,7 TWh år 2012. I absoluta termer ligger Gävleborg läns elanvändning på nionde plats i Sverige, per invånare rankar Gävleborgs elanvändning dock på plats fem i Sverige, vilket påvisar den höga andelen av industriell produktion i länet, som står för cirka hälften av regionens elanvändning motsvarande nästan 2,5 TWh. Regionalt sticker Gävle kommun ut med en användning på ca. 1.4 TWh, motsvarande mer än 27 % av regionens totala användning.

Den totala elproduktionen i regionen har varierat mellan cirka 3,3 TWh till 4,7 TWh mellan åren 2013-2019 med toppnotering satt år 2019 och en ökande trend till mer variabel elproduktion. Tillväxten har drivits av vindkraft, som ökat från 840 GWh år 2012 till ca. 1,6 TWh (33 % av totala elproduktionen) 2019 och där flera nya parker är tillståndsgivna, men även av kraftvärme som ökat från cirka 330 GWh till nästan 1 TWh (21 % av totala elproduktionen) under samma period.

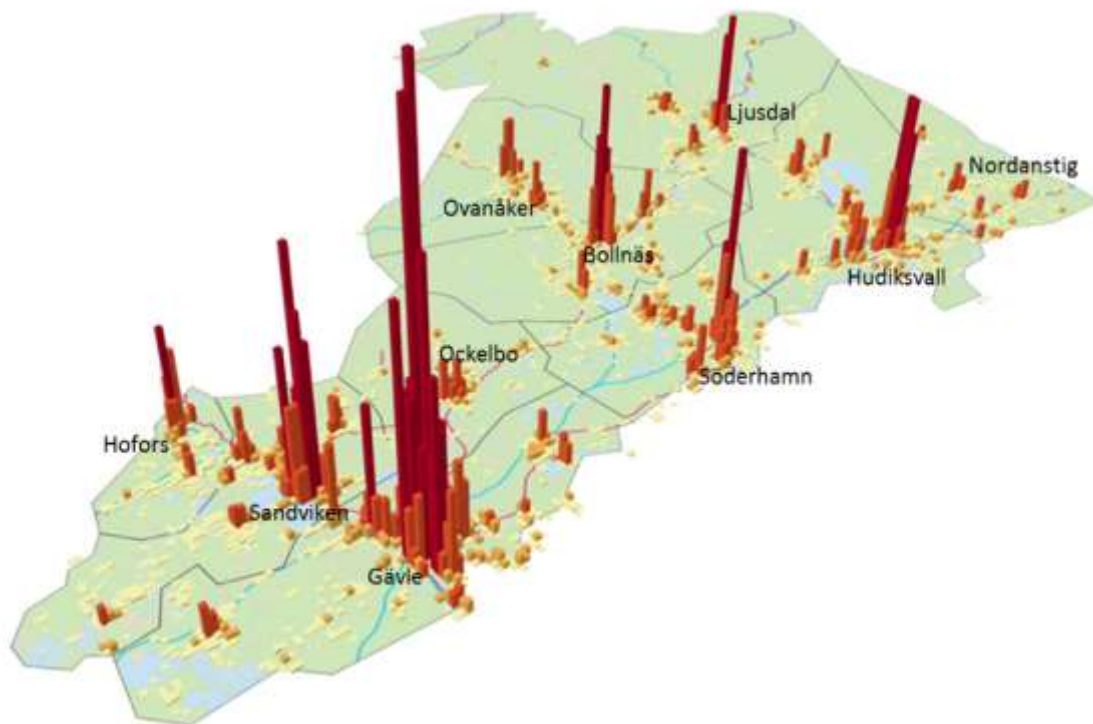
Enligt Svenska Kraftnät finns det fortfarande kapacitet för uttag i Gävleborg men det börjar närma sig en gräns i södra delen av regionen (Gävle/Sandviken) medan det längre norrut finns ett visst utrymme. Företagens syn är att nätkapacitetsläget är bra just nu, allt annat lika, men det råder oklarheter vid större tillkommande laster där vätgas och BECCS är kommande satsningar som kan kräva mer el. Generellt kan sägas att nuvarande kapacitetsläge är hanterbart vid vanlig tillväxt men Gävleborgs kommuner anser att kapaciteten behöver stärkas för att kunna attrahera mer elintensiv industri framöver.

Regionnätägarna delar synen att kapacitetsläget i dagsläget är hanterbart men att det finns vissa orosmoln på horisonten, både gällande inmatning och uttag. Den tekniska utvecklingen på vindkraftsfronten går väldigt snabbt och när det kommer turbiner med effekter 10-20-25 MW kommer det bli mer problematiskt att ansluta parker då volymerna blir så stora. Eventuell havsbaserad vindkraft utanför Gävleborg uppges också kunna vara problematiskt. Gällande uttag så ser alla tre regionsnätaktörer att storleken på förfrågningarna ökar, och att de ibland är större än hela den nuvarande samhällsanvändningen i det området.

Situationen med elnätscapacitet gällande inmatning beskrivs som dålig av samtliga vindkraftsproducenter där projekt som är tillståndsgivna uppges ha tillräcklig kapacitet för inmatning men detta är inte applicerbart på projekt som är i planeringsfasen. Bilden av behovet gällande uttag i länet är i underkant enligt flera av vindkraftsproducenter som ser sig som en möjliggörare för en industriell tillväxt. Vindkraftsproducenterna ser även en stark synergi med industri och transportsektorn avseende bl.a vätgasproduktion, där vindkraften dels skulle kunna möjliggöra vätgasproduktion på land, dels vid individuella turbiner till havs. Vindkraftsproducenter anger att utmaningarna i Gävleborg till stor del finns i liknande utsträckning i resten av landet, där det sällan finns tillräcklig kapacitet i elnätet när de närmar sig regioner eller kommuner.

1.1 Gävleborg ur ett samhällsperspektiv

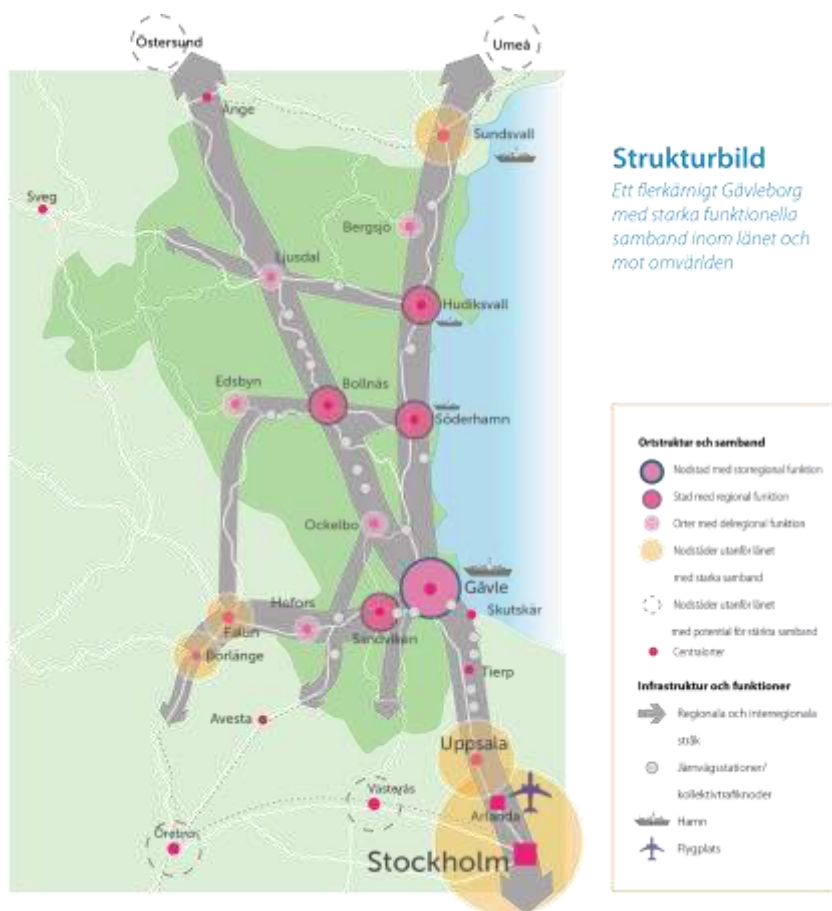
Gävleborg består av tio kommuner med knappt 300 000 invånare, fördelade över ett antal städer, stort antal samhällen och landsbygder i landets till ytan sjunde största län. Det ger en relativt utspridd bebyggelsestruktur som också innebär långa avstånd mellan många orter. Befolkningen är framförallt koncentrerad till de tio kommunhuvudorterna, samt länets södra delar, kusten och dalgångarna.



Figur 1: Gävleborgs befolkningsstruktur – boende per km-ruta

Arbetsmarknaden i länet är funktionellt sammanhållen i fem geografiska områden som följer tre öst-västliga axlar, där Ljusdals respektive Hudiksvalls/Nordanstigs delarbetsmarknader är delvis åtskilda från Söderhamns och Bollnäs/Ovanåkers delarbetsmarknader, som i sin tur är delvis skilda från Gävleregionens arbetsmarknad dit även Sandviken, Hofors, Ockelbo samt Älvkarleby i Uppsala län ingår.

Som regioncentra och länets största stad har Gävle viktiga storregionala funktioner i form av högre utbildning och forskning och inte minst som transport- och logistiknod kopplad till bland annat Gävle hamn. Över länsgränserna är framförallt sambanden med större närliggande städer och arbetsmarknader som Uppsala-Arlanda-Stockholm, Falun-Borlänge och Sundsvall av stor betydelse för Gävleborg och dess orter. De största flödena av såväl gods som människor i länet sker också längs de tre regionala-interregionala transportlänkarna som utgörs av Ostkuststråket (Ostkustbanan/E4), Bergslagsstråket (Bergslagsbanan/E16) samt Norra stambanestråket (Norra stambanan/väg 83), vilka binder ihop Gävleborg med omvärlden för såväl personresor, och godstrafik som för utbildnings- och arbetsmarknaden. Länets viktigaste noder, stråk och samband inom och över länsgränser framgår härigenom av den regionala strukturbilden för Gävleborg i Figur 2.



Figur 2: Strukturbild Gävleborg

Gävleborg har ett starkt näringsliv med stor bredd, där den exportorienterade industrin sticker ut i ett nationellt perspektiv, med kluster inom framförallt Stål/Metall/Verkstad samt Papper/Massa/Trävaror.

De varuproducerande näringarna¹ stod under 2010-talets slut för drygt en fjärdedel av den totala sysselsättningen i regionen, liksom över hälften av förädlingsvärdet inom näringslivet. Regionen har flera lokala och regionala arbetskluster, där stora industriaktörer som Billerud Korsnäs (Gävle), Sandvik (Sandviken), Ovako (Hofors) och Holmen (Hudiksvall) historiskt dominerat länets tillverkningsindustri och fortfarande står för cirka en femtedel av jobben inom sektorn. Medräknat leverantörer blir deras tyngd, liksom industrins, än större.

Till följd av de exporttunga industrinäringarna, men också närheten till konsumtionscentrum i Stockholm-Mälarenregionen har Gävleborg även en betydande logistikverksamhet, där Gävle Hamn spelar en central och växande roll. Med länets sammantagna tyngd inom varuproducerande industri blir också tillgången till säkra och konkurrenskraftiga, men också miljömässigt hållbara, godstransporter en allt viktigare förutsättning för näringslivets som länets utveckling.

Industrin i Gävleborg kräver samtidigt stora mängder energi och utgör därmed också en av länets stora utsläppskällor. Men i takt med att miljö- och klimatmål skärps både nationellt och internationellt accelererar nu omställningen av industrin snabbt med att fasa ut fossila bränslen till förmån för elektrifiering. Detta kommer att innebära en markant ökning av energi och effektbehov, men kan samtidigt också innebära en betydande möjlighet för ett län som Gävleborg. Efterfrågan på miljövänligt

¹ inklusive jord- och skogsbruk, energiförsörjning och byggverksamhet

producerade material så som grönt stål förväntas växa framöver parallellt med att efterfrågan för så kallade grön vätgas förutspås explodera under de kommande decennierna².

Även om det är industrin som alltjämt till stor del definierar och profilerar Gävleborgs näringsliv idag, så är det inom de snabbt framväxande tjänstenäringarna som den mesta nya sysselsättningen skapas. Och nu får även tjänstesektorn ytterligare tyngd och profil i länet, bl a genom Microsofts pågående omfattande etablering av datahallar i Gävle och Sandviken. Denna typ av ny ”tjänsteindustri” som etableras i snabb takt i landet är samtidigt mycket energikrävande och ger ytterligare tyngd till frågan om framtida tillgång till grön elkraft och effektuttag för Gävleborg.

I Gävleborg regionala utvecklingsstrategi (RUS 2030) framhålls klimat- och miljöutmaningarna som några av vår tids viktigaste frågor. De innebär stora risker för dagens och framtida samhällen som kräver såväl globala, nationella, som regionala och lokala lösningar. Gävleborg bidrar här som en industri- och transportintensiv region med jämförelsevis höga utsläpp av växthusgaser. Samtidigt framhålls att Gävleborg har goda möjligheter att styra om mot ett hållbart samhälle bland annat genom ökad produktion av förnybar energi och utveckling mot en mer energieffektiv, cirkulär och biobaserad ekonomi. Det blir då avgörande att framtida behov av grön el och effekt kan tillgodoses för att möjliggöra samhällets omställning och samtidigt säkra näringslivets långsiktiga behov och konkurrenskraft.

I takt med att stora projekt initieras regionalt och nationellt från både energiproducenter och elanvändare är det centralt att elsystemet agerar som en möjliggörare, inte som ett hinder, för den gröna omställningen. Export av varor är tjänster är betydelsefullt för att skapa arbetstillfällen och Gävleborg har goda förutsättningar för en fortsatt stark och hållbar utveckling med grund i sin breddade näringsstruktur och gynnsamma geografiska läge.

En stabil och säker energiförsörjning med hög andel fossilfritt innehåll och låga elpriser är en av konkurrensfördelarna för Sverige som land och därmed en viktig faktor för hållbar utveckling och omställning till ett hållbart och fossilfritt samhälle. Sveriges elsystem står under en mycket snabb utveckling både vad gäller produktion, distribution och användning. En av drivkrafterna bakom omvandlingen är att vi går från ett fåtal stora energiproducenter till många mindre. Den nya typen av industrialisering innebär också nya utmaningar för elnätet. Trenden är att kunderna vill ansluta sig till elnätet allt snabbare, vilket står i konflikt med planeringshorisonten för nätbolag och övriga aktörer. Dessutom sker betydande öknings i elnätskapacitetsförfrågningar. Det beror framförallt på att industri- och transportsektorn arbetar för att gå över till fossilfria alternativ, där el till stor del är den alternativa energikällan samt att urbaniseringen fortgår i snabb takt vilket medför ett ökat elnätskapacitetsbehov framförallt i storstadsregionerna.

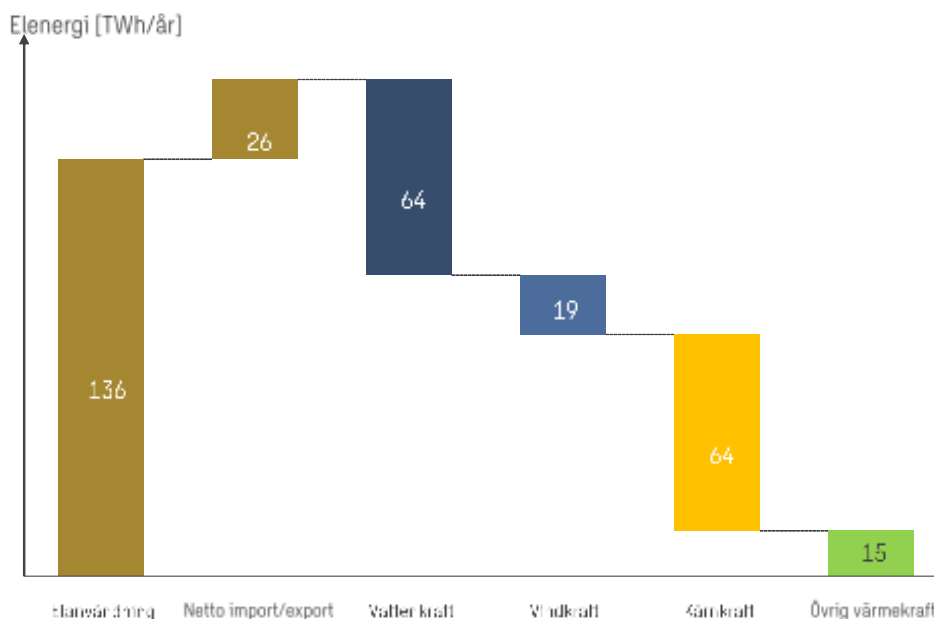
I följande avsnitt ges en övergripande beskrivning av det svenska kraftsystemets struktur och funktion i ett systemperspektiv. Därefter går vi vidare och fördjupar bilden i Gävleborgs nuläge och befintliga effektbehov.

1.2 Det svenska kraftsystemet tillgodoser samhällets behov av el

Kraftsystemet är viktigt för att tillgodose behovet av el som samhället som helhet har. I kraftsystemet transporteras el från produktionsanläggningar till elkonsumenter via elnätet. El måste användas i samma stund som den produceras för att systemet ska vara i balans, såvida det inte finns större mängder av energilager såsom vattenkraftsmagasin.

Det svenska kraftsystemet ska hålla en konstant frekvens på 50 Hz. För att uppnå en jämn frekvens krävs att elproduktion och elanvändning (+/- import/export) vid varje tidpunkt är lika stora. Avvikelse i frekvensen stör känslig el-utrustning och kan orsaka bränder eller tvinga fram bortkoppling av elanvändare. Figur 3 visar kraftbalansen över helåret 2019, men för att säkerställa att balansen upprätthålls ända ner på sekundnivå krävs flexibla reglerbara resurser och att de olika produktionsresurserna kan samverka utifrån sina egenskaper.

² <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-hydrogen-demand-by-sector-in-the-sustainable-development-scenario-2019-2070>



Figur 3: Elenergibalans Sverige 2019³

Elnätet kopplar ihop elproduktion och elanvändning och kan delas in i olika systemnivåer; transmissionsnät, regionnät och lokalnät som förvaltas av olika aktörer.

1.2.1 Elanvändningens utveckling

Elanvändningen i Sverige ökade kraftigt under 1970- och 1980-talet men har legat stilla sedan dess. Detta var en följd av att de svenska kärnkraftverken togs i drift. Tillgången till billig el gjorde att bland annat elanvändning för uppvärmning av bostäder och service ökade. Från och med slutet av 1980-talet så har kopplingen mellan ökad elanvändning och tillväxt både mätt i befolkning och BNP upphört; Sveriges elanvändning har varit mer eller mindre konstant trots att befolkningen och BNP ökat betydligt sedan slutet av 1980-talet. Elanvändning i transportsektorn består i nuläget nästan enbart av bantrafik och har varit 2–3 TWh sedan 1970. Enligt flera bedömningar kommer den förestående elektrifieringen av transportsektorn att leda till en kraftig ökning av elanvändningen i transportsektorn som vi diskuterar i kapitel 2. I Sverige varierar elanvändningen mycket över året till följd av stora temperaturskillnader mellan sommar- och vinterhalvåret. Det kan konstateras att det endast är vid ett fåtal tillfällen per år som elanvändningen når den nivå som elnätet har dimensionerats för.

1.2.2 Elproduktionens utveckling

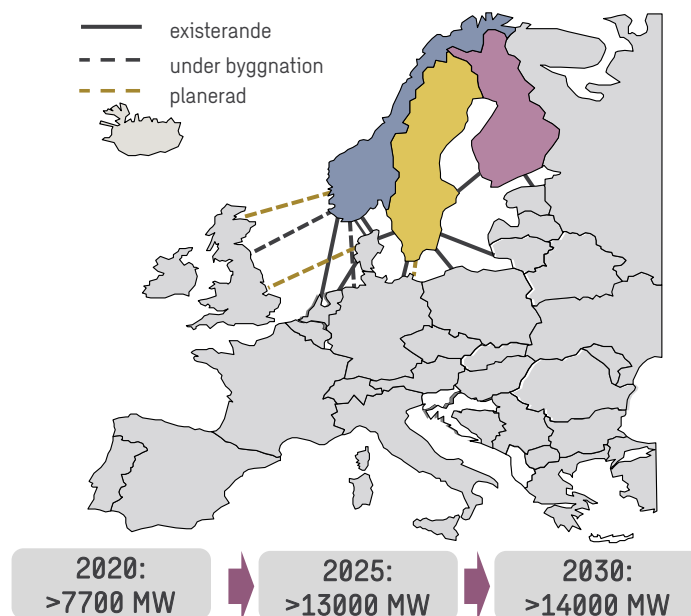
Sveriges kraftproduktion är idag i princip fossilfri, enbart ett fåtal reservkraftverk använder fossila bränslen såsom olja och gas. Produktionen av el i Sverige sker främst med vattenkraft (40 procent), kärnkraft (40 procent) samtidigt som vindkraftens andel (ca. 11 procent) ökar snabbt; kraftvärmeproduktion står för 9 procent. Vattenkraften byggdes ut i de norrländska älvarna under 1950–1960-talet. Kärnkraften i Sverige byggdes ut på 1970–1980-talet, vilket möjliggjorde och bidrog till en ökad elanvändning. Sverige har historiskt haft tillgång till relativt billig el vilket gynnat elintensiva industrier såsom stålindustri, papper- och massaindustri samt träindustri. Fossil värmekraft har i princip fasats ut helt sedan kärnkraften togs i drift. Vattenkraftsproduktionen varierar över åren vilket förklaras med variationen i nederbörd från år till år. Under 2010-talet

³ Energiföretagen Sverige, 2020

har vindkraftens andel ökat för varje år och ser ut att fortsätta öka då ett stort antal vindkraftparker planeras att tas i drift de kommande åren.

1.2.3 Import och export

Det svenska kraftsystemet bör inte ses som ett isolerat system då Sveriges elnät är sammankopplat med Danmark, Finland, Norge, Tyskland, Polen och Litauen. Under år med betydande nederbörd (våttår) ökar Sveriges export av el till grannländerna. Överföringskapaciteten kommer även att öka från Sverige och Norden vilket innebär att Norden ytterligare kommer att integreras i det kontinentala kraftsystemet, se figuren nedan.



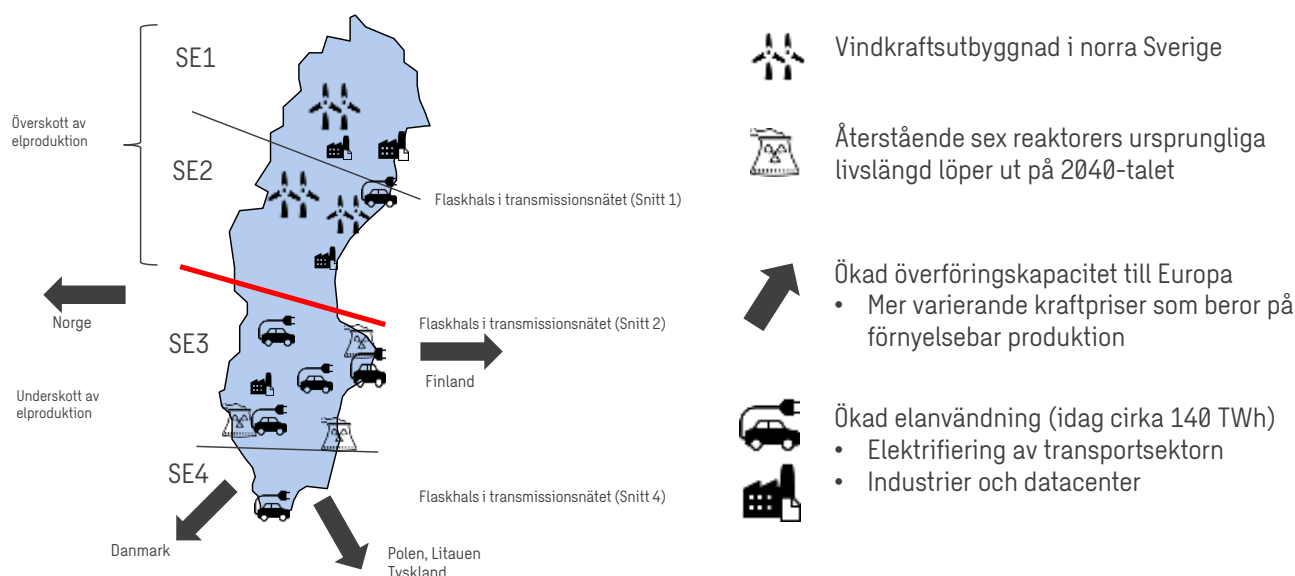
Figur 4: Norden har en stark marknadsintegration med kontinenten

Sverige är i dagsläget importberoende under en kall vinterdag när elanvändningen är som högst. Den inhemska produktionskapaciteten kan vid ett sådant tillfälle inte möta efterfrågan på el. Detta i sig behöver inte vara ett problem givet att Sverige kan importera el från sina grannländer. Som tidigare nämnts, är Sverige en nettoexportör på el och när Sverige importerar el är det ofta vattenkraft från Norge och vind från kontinenten. Dock kan det, i en situation med kalla temperaturer i hela Norden, vara fossil el som importerats. Om alla länder kan möta sin egna maximala elanvändning är kraftsystemen överdimensionerade.

Vindkraftens tillgänglighet när det är som kallast är betydligt lägre än vattenkraftens och kärnkraftens, även lägre än gasturbiner, diesel- och gasmotorer samt kondenskraft. När elanvändningen är som högst räknar Svenska kraftnät med att kärnkraften har en förväntad tillgänglighet på 90 procent, vattenkraften 82 procent, gasturbiner/dieselmotorer/gasmotorer och kondenskraft samt kraftvärme 90 procent och slutligen vindkraften 9 procent (Svenska Kraftnät, 2019d). Detta är dock en ögonblicksbild där t.ex. möjligheten till import inte tas i beaktande (Energimyndigheten, 2019b). Det kan även konstateras att modern teknik och geografisk spridning ger både högre effektillgänglighet och lägre och färre effekttoppar jämfört med äldre teknik och geografiskt samlad vindkraft (Energimyndigheten, 2019b).

1.2.4 Faktorer som påverkar det svenska kraftsystemet

Figur 5 nedan illustrerar de viktigaste faktorerna som påverkar det svenska kraftsystemet idag och de kommande åren, uppdelat per elområde. Vindkraften byggs idag ut i hög takt i de norra delarna av Sverige. Överföringskapaciteten kommer att öka mellan Norden och Kontinentaleuropa genom flera planerade kablar. Elektrifieringen av transportsektorn och delar av industrin väntas öka elanvändningen betydligt i framtiden. Kärnkraften stängs ned, Ringhals 1 och 2 år 2019 respektive 2020. Resterande reaktorer kan drivas till runt år 2040 om inga livstidsförlängande investeringar görs.



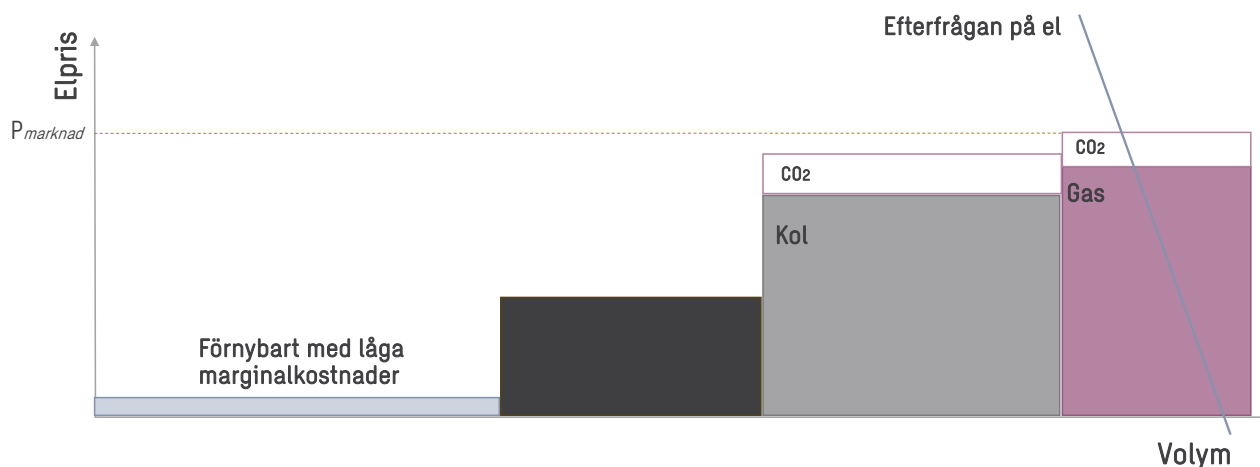
Figur 5: Drivkrafter i det svenska kraftsystemet per idag (Källa: Sweco)

1.2.5 Elmarknaden och dess aktörer

Kraftsystemet har utvecklats under lång tid med stora investeringar i infrastrukturen under 50- och 60- talet för vattenkraften och under 70-och 80-talet för kärnkraften, där elnätet utvecklades i takt med de stora investeringarna i elproduktion.

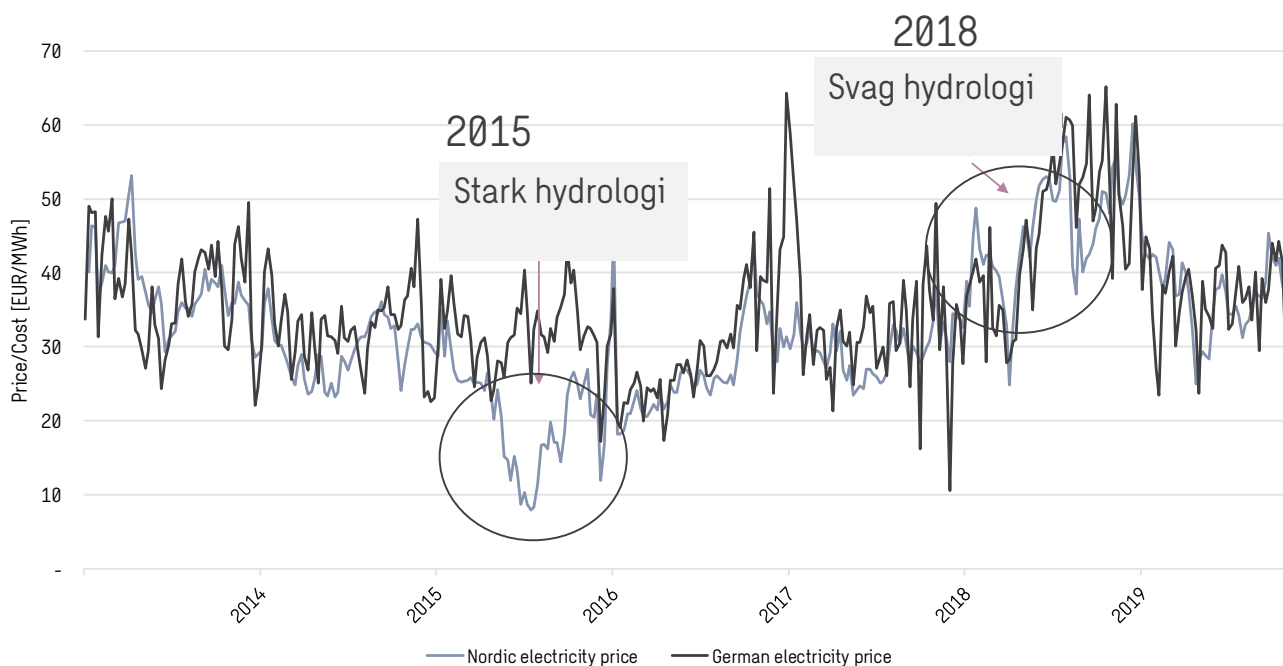
Sverige är en del av den nordiska elmarknaden som i sin tur är en del av den europeiska elmarknaden. Gällande handel och produktion är den svenska elmarknaden konkurrensutsatt sedan 1996. Sverige var ett av de första länderna i världen att avreglera elmarknaden, vilket gjordes i syfte att skapa en mer effektiv elmarknad. Detta innebar att elhandeln separerades från elnätsverksamheten och konkurrensutsattes. Tillsammans med Norge startades den gemensamma handelsplatsen för el, elbörsen Nord Pool. Idag handlas majoriteten av all fysisk el i de nordiska länderna på Nord Pool. Stora producenter och elanvändare/elhandlare lägger dagligen bud på Nord Pool, timme för timme, kopplat till hur de är villiga producera eller använda el samt till vilket pris. Elpriset sätts sedan enligt marginalkostnadsprincipen. Kraftslaget med lägst marginalkostnad producerar först och sedan stigande.

Figur 6 nedan visar sambandet mellan den installerade effekten i de nordiska länderna och rörlig elkostnad; den installerade effekten i vindkraft har dock ökat sedan figuren togs fram och just nu sker en snabb utbyggnad av vindkraften i framförallt Sverige och Norge. I utgångspunkt producerar det kraftslag med lägst rörliga kostnader först och sedan i stigande ordning. Vindkraften har låga rörliga kostnader och producerar hela tiden när det blåser. Kärnkraften är baskraft och producerar i princip hela tiden om den är tillgänglig. Vattenkraft har låga rörliga kostnader men har en begränsande faktor i hur mycket vatten som finns tillgängligt i magasinen. Vattenkraftsproducenterna försöker planera produktion så att vattenkraftverken producerar som mest när efterfrågan på el är som högst på vintern. Kraftvärmens produktion av el styrs i stor grad av värmebehovet. Gasturbiner och kondenskraft används i Norden som reserv och spetskraftverk.



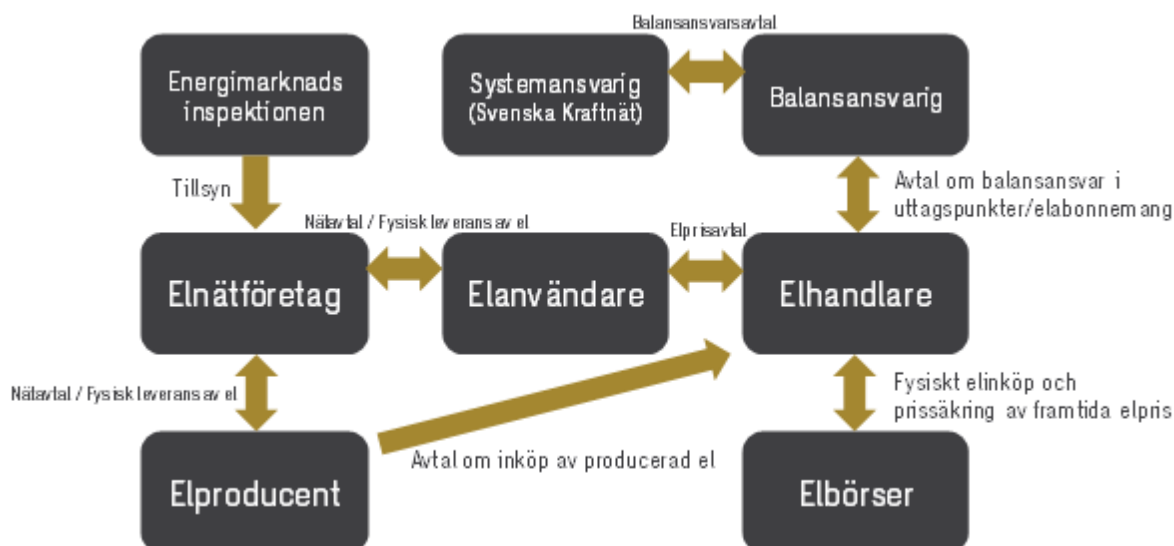
Figur 6: Samband mellan installerad effekt och rörlig kostnad för kraftproduktion i Norden, illustrativt (Källa: Sweco)

Då Nordens elsystem är sammankopplat med kontinenten påverkas nordiska elpriser även av kontinentala elpriser. I Kontinentaleuropa styrs elpris av priser på bränslen såsom gas, kol och utsläppsrätter via EU ETS. Den nordiska elmarknaden kännetecknas av att tillgången på vatten påverkar elpriserna. Under torrår minskar vattenkraftproduktionen vilket leder till ett högt elpris, medan elpriset under ett våtår på omvänt sätt blir lågt. Den växande andelen vindkraft i det nordiska kraftsystemet får allt större genomslag i elpriserna. När vindkraften producerar kommer elpriserna vara låga och när den står stilla ökar elpriserna. Det innebär prisvariationen kommer att öka i det korta perspektivet.



Figur 7: Nordiska och kontinentala elpriser korrelerar på grund av marknadsintegrationen

Elnätsverksamheten är däremot ett reglerat så kallat naturligt monopol. Det finns en rad aktörer på elmarknaden, de viktigaste samt deras samspel visas i figuren nedan.



Figur 8: Aktörer på den svenska elmarknaden

Elanvändare

Den som använder elen, vilket omfattar allt från industrier till enskilda hushåll.

Elproducenter

Elproducenter producerar den el som transporteras till användarna. Den el som produceras av elproducenterna säljs normalt på elbörsen Nordpool (se nedan för ytterligare förklaring).

Elhandlare

En elhandlare är ansvarig för att köpa in el på elbörsen och sedan sälja den vidare till sina kunder, elanvändarna. Elhandlaren köper och säljer el på en fri marknad, och det råder konkurrens med andra elhandlare. Elanvändare är fria att själv välja vilken elhandlare de vill köpa el av.

Elbörser

Den funktion på elmarknaden som syftar till att förenkla inköp och försäljning av el kallas elbörs. I Norden finns elbörsen Nord Pool som är en nordisk handelsplats för el för fysisk leverans. I tillägg till Nord Pool finns även Nasdaq OMX Commodities som är en terminsmarknad för finansiell handel i Norden, på vilken möjlighet ges att säkra sitt elpris på lång sikt. Förutom elhandlare, så kan endast större elproducenter eller elanvändare köpa el direkt på Nord Pool.

Elnätsföretag

Äger och driver elnät (regionnät och lokalnät) och ansvarar för att elen transporteras från produktionsanläggningarna till elanvändarna. Elnätsföretagen är naturliga monopol vars verksamhet och intäkter regleras av Ei (se avsnitt 2.2.4). Det finns i Sverige cirka 170 stycken lokalnätsföretag och regionnätsföretagen består i huvudsak av aktörerna Ellevio, Vattenfall och E.ON. På transmissionsnätets nivå är Svenska kraftnät ensam aktör.

Systemansvarig

Svenska kraftnät (även Svk) är den myndighet som är systemansvarig för det svenska elnätet. Svenska kraftnät är ett statligt affärsverk som ansvarar för att kraftsystemet, produktion och användning, momentant är i balans.

Balansansvarig

En elhandlare måste tillhandahålla lika mycket el som deras kunder förbrukar, dvs att produktion och elanvändning överensstämmer i in- och utmatningspunkter i elnätet, s.k. balansansvar. Elhandlaren kan antingen själv ta det ansvaret och därmed bli balansansvarig aktör, eller anlita ett företag som redan är en sådan aktör. I båda fallen måste det finnas ett avtal

om balansansvar med Svenska kraftnät och den balansansvariga aktören blir därmed ekonomiskt ansvarig för att balansen i uttagspunkten upprätthålls.

Energimarknadsinspektionen (Ei)

Den statliga myndighet vars uppdrag är att ha att tillsyn över el-, fjärrvärme- och naturgasmarknaderna. Ei övervakar så att övriga aktörer följer de lagar som finns inom området, samt reglerar gas- och elnätsföretagens intäkter.

Elsystemets förvaltning avseende lokalt, regionalt och nationellt nät

Elnätet i Sverige är indelat i tre systemnivåer med olika hög spänning: transmissionsnät (stamnät), regionnät och lokalnät. Olika nätnivåer behövs eftersom förlusterna minskar när överföring av el sker på högre spänningsnivåer. Det svenska elnätet består av 564 000 km ledning, varav ungefär 68 procent är jordkabel och 32 procent är luftledning. Utöver ledningar finns transformator- och kopplingsstationer som binder samman ledningar på olika spänningsnivåer (SOU, 2019).

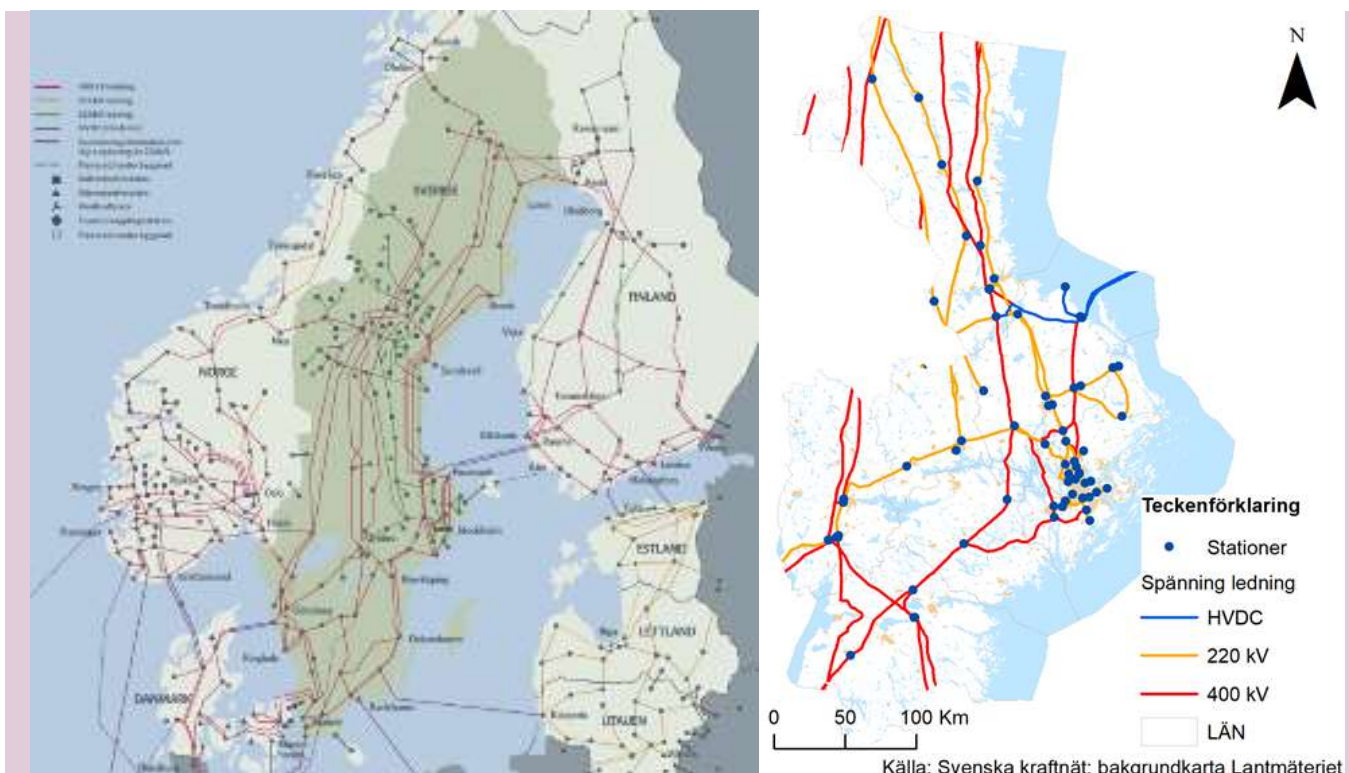
Utgångspunkten i ellagen är att det för att få bedriva elnätsverksamhet krävs särskilt tillstånd, så kallad nätkoncession. Nätkoncession krävs för alla ledningar med en spänning över några tiotals volt. Det finns två olika typer av nätkoncession: linjekoncession och områdeskoncession. Linjekoncession gäller för en enskild ledning med bestämd sträckning och berör främst stamnät och regionnät. Områdeskoncession berör elnätsverksamhet inom ett geografiskt område, lokalnät, vilket innebär att koncessionären har rätt att bygga ledningar inom ett givet geografiskt område upp till en viss spänningsnivå. Ansökan om nätkoncession görs hos Energimarknadsinspektionen.

Transmissionsnätet kan liknas vid elnätets motorvägar som transporterar stora mängder el långa sträckor på höga spänningsnivåer om 220–400 kV. Till transmissionsnätet hör även flera ledningar som länkar samman det svenska elnätet med andra länder. Figuren nedan visar det svenska transmissionsnätet samt de viktigaste stationerna och produktionsenheterna. Transmissionsnätet ägs av myndigheten Svenska kraftnät, som förutom att ansvara för drift och utbyggnad av transmissionsnätet, även ansvarar för att kraftsystemet, produktion och användning, är i balans i varje tidpunkt. ENTSO-E organiserar de europeiska transmissionsnätsägarna och arbetar för utvecklingen av en gemensam europeisk elmarknad.

Sverige är uppdelat i fyra elprisområden (SE1–SE4), som har skapats för att synliggöra flaskhalsarna i transmissionnätet och därmed utbyggnadsbehovet. Elpriset kan variera mellan områdena. Majoriteten av region Gävleborg ligger i SE2, ett område där elproduktionen överstiger efterfrågan, medan Gävle, Sandviken och Hofors ligger i SE3, där efterfrågan överstiger elproduktionen.

Regionnätet kan liknas vid elnätets landsvägar som transporterar el från stamnätet till lokalnäten över medellånga sträckor på spänningsnivåer om 30–150 kV. I vissa fall transporterar regionnäten elen direkt till större elanvändare; även inmatning av producerad el sker på regionnät (till exempel vattenkraft och vindkraft). Regionnäten ägs och förvaltas av ett tiotal regionnätsföretag, där de största är Ellevio, Vattenfall Eldistribution och E.ON Energidistribution.

Den största regionnätsägaren i Gävleborg är Ellevio, som äger majoriteten av regionnäten i kommunerna Ljusdal, Hudiksvall, Ovanåker, Bollnäs, Söderhamn och Ockelbo. Vattenfall Eldistribution har regionnät i kommunerna Gävle, Sandviken och Hofors, medan E.ON Energidistribution har regionnät i Nordanstig.



Figur 9: Transmissionsnätet genom Sverige samt Östra Mellansverige

Lokalnätet kan liknas vid elnätets småvägar som transporterar elen den sista biten fram till hushåll och andra slutanvändare på 0,4–20 kV. Till lokalnäten sker även inmatning av producerad el från små anläggningar, så som solcellsanläggningar eller mindre vattenkraftverk. I Sverige finns det cirka 170 lokalnätsägare, från större företag med flera 100 tusen kunder till mindre företag med endast ett hundratal kunder. I region Gävleborg finns det i huvudsak åtta lokalnätsägare: Ellevio, Gävle Energi, Hofors Elverk, E.ON Energidistribution, Elektra Nät, Sandviken Energi Elnät, Ljusdal Elnät, samt Söderhamn Elnät. Figur 3 visar vilka lokalnätsbolag som levererar majoriteten av elen i respektive kommun. Ljusdal Elnät syns inte i figuren eftersom Ellevio levererar lite mer el i Ljusdals kommun än vad Ljusdal elnät gör. Utöver de nämnda lokalnätsägarna så äger även Hamra besparingskog, Årsunda Kraft & Belysningsförening, Härjeåns Nät, Vattenfall eldistribution samt Falu Elnät lite lokalnät i region Gävleborg.



Figur 10: Region- och lokalnätsägare i Gävleborg

1.2.6 Elbrist, effektbrist eller kapacitetsbrist?

I den mediala debatten förväxlas ofta ord som elbrist, effektbrist och kapacitetsbrist. I själva verket är detta tre skilda begrepp som beror av olika problematik i elsystemet.

Elbrist, eller elenergibrist som är ett mer korrekt uttryck, uppstår när elen som produceras i Sverige inte räcker till för att uppfylla behovet av el under ett år. Sverige har sedan år 2011 varit en nettoexportör av el. Det innebär att det produceras mer el än det används inom landets gränser och att Sverige därför kan exportera el till grannländerna. För närvarande har Sverige alltså ingen elbrist, och det är inte särskilt sannolikt att det uppstår i närtid.

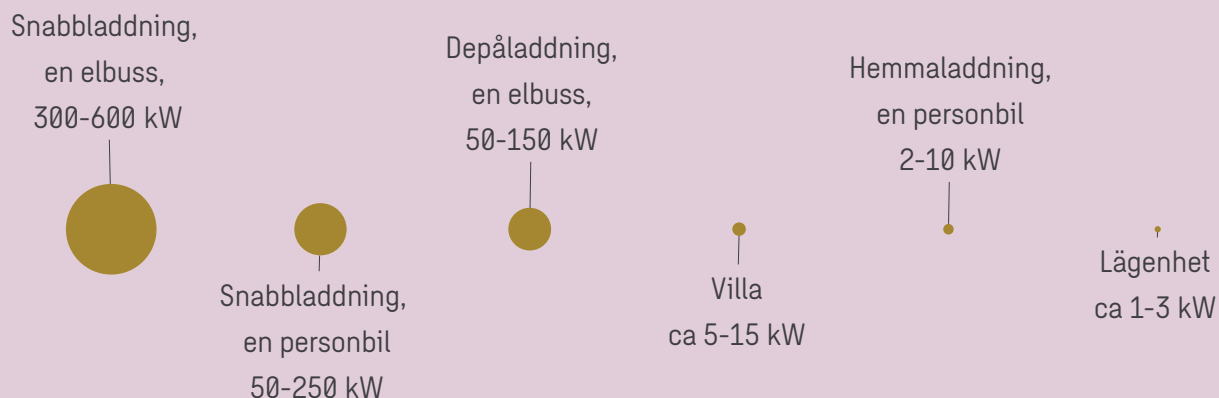
Effektbrist är, till skillnad från elenergibrist, en momentan brist på el. Det uppstår om det inte är balans mellan inhemsk produktion/import och användning under något tillfälle. Detta kan exempelvis uppstå under mycket kalla vinterdagar då elanvändningen är hög. En situation med effektbrist är nationellt omfattande, då det är den nationella balansen mellan produktion/import och konsumtion som har påverkats. Därmed påverkas hela landet vid en eventuell effektbrist och den kan lösas genom att öka produktionen eller minska konsumtionen av el oavsett var i landet den finns så länge elnätet klarar av att överföra elen.

För att Sverige ska klara dessa dagar med förbrukningstoppar upphandlar Svenska kraftnät en effektreserv. I effektreserven ingår elproducenter som har reservkraftsanläggningar och kan erbjuda sig att producera mer el samt stora elanvändare som kan erbjuda sig att dra ner sin förbrukning. Riskerna för effektbrist ökar i Sverige när mängden icke-planerbar produktion (som vindkraft och solex) ökar i elnätet samtidigt som planerbar kraft som kärnkraft och kraftvärme minskar.

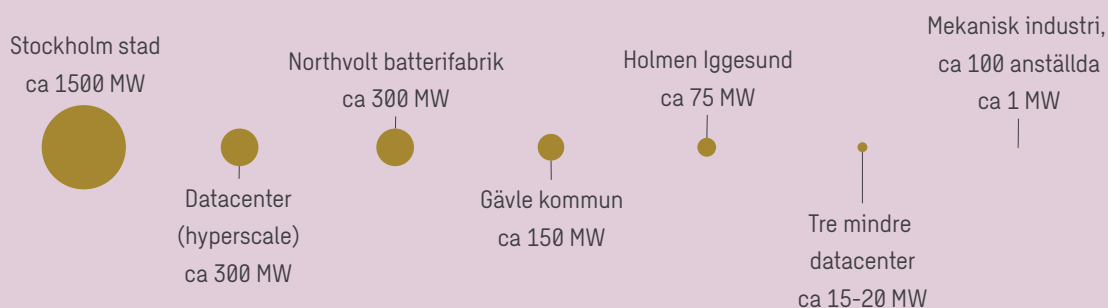
Det mest akuta problemet i elsystemet just nu – i alla fall i vissa regioner - är dock problemet med kapacitetsbrist, eller för att vara korrekt nätkapacitetsbrist. Nätkapacitetsbrist uppstår då de fysikaliska egenskaperna i elnätet begränsar nätets överföringsförmåga, dvs. då det blir för "trångt" i elnätet. Elnätet är designat utifrån, vid byggnadstillfället, givna parametrar för att leverera önskad strömstyrka och spänning till konsumenter. Elnätets konstruktion begränsar vilken effekt som kan levereras och hur mycket el som nätet kan transportera. Kapacitetsbrist uppstår då den efterfrågade effekten överstiger den effekt som elnätet klarar av att transportera. Eftersom den efterfrågade effekten varierar stort över dygnet och över året är det oftast endast ett fåtal timmar per år som efterfrågan är så hög att kapacitetsbrist uppstår. Situationerna kan också se väldigt olika ut beroende på nätets förutsättningar och elanvändningen i det specifika nätet.

Det vanligaste problemet är lokal eller regional kapacitetsbrist, vilket innebär att det inte är hela elnätet som har kapacitetsbrist, utan en specifik stad eller region som försörjs av en aktuell ledning eller ledningar. Viktigt att ha i åtanke är dock att det är mycket mer än ledningarna som kan skapa begränsningar, det kan även vara dimensionerna på exempelvis transformatorer, stationer och annan teknisk utrustning som begränsar överföringskapaciteten. Även i transmissionsnätet kan det uppstå en kapacitetsbrist. Eftersom huvuddelen av den svenska elproduktionen sker i norra Sverige samtidigt som efterfrågan är störst i södra Sverige kan det, även här, uppstå kapacitetsproblem vid överföring. Transmissionsnätet är just nu nära gränsen för vad överföringen från produktionen i norr till konsumtionen i söder klarar av, varpå även kapacitetsbrist i transmissionsnätet börjar bli ett reellt problem.

För att öka förståelsen för hur mycket effekt som krävs för olika behov och funktioner i samhället, ger följande sida exempel på ungefärlig effektförbrukning för olika typer av laster.



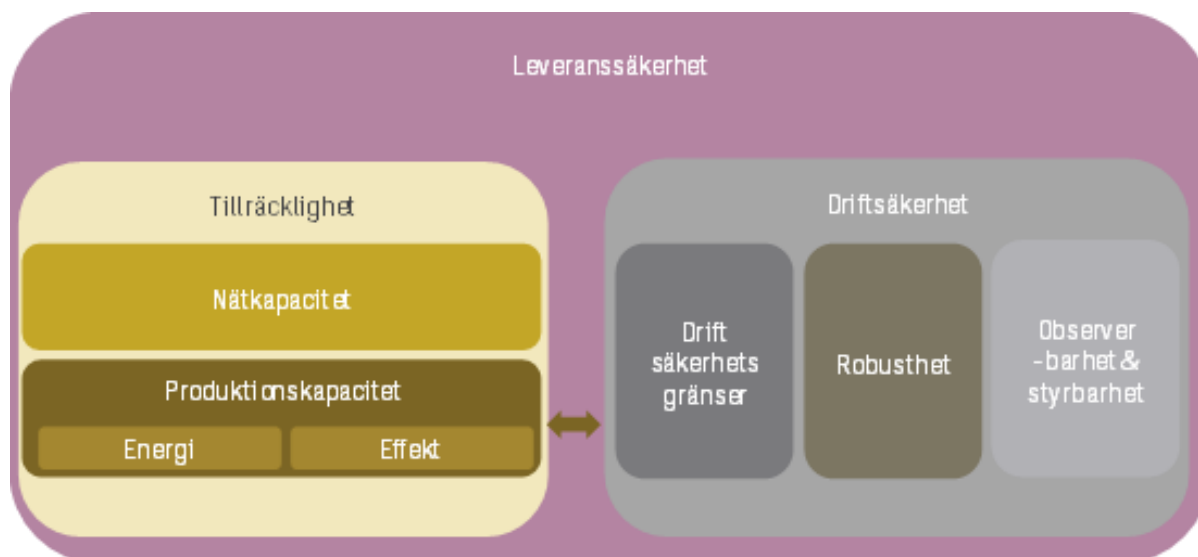
Figur 11: Ungefärlig effektförbrukning för ett antal olika laster i storleksordning kilowatt (kW) (Källa: Sweco)



Figur 12: Ungefärlig effektförbrukning för ett antal olika laster i storleksordning megawatt (MW) (Källa: Sweco)

1.2.7 Och vad betyder leveranssäkerhet?

En hög leveranssäkerhet innebär att el överförs från producent till slutanvändaren utan avbrott. För att detta ska möjliggöras behövs ett kraftsystem med en tillräcklig produktionskapacitet som producerar el när slutanvändarna behöver den samt att det finns ett elnät som har tillräcklig kapacitet att överföra elen när den behövs. Dessutom behöver elen överföras på ett driftsäkert sätt utan avbrott. Det kan bland annat innebära att elsystemet ska klara av att hantera vissa fel eller störningar utan att det påverkar eller leveransen negativt. Figur 13 illustrerar leveranssäkerhetens delar och beroenden.



Figur 13: Modell för att beskriva leveranssäkerhetens delar och beroenden. Källa: Svk Systemutvecklingsplan (omarbetad av Sweco)

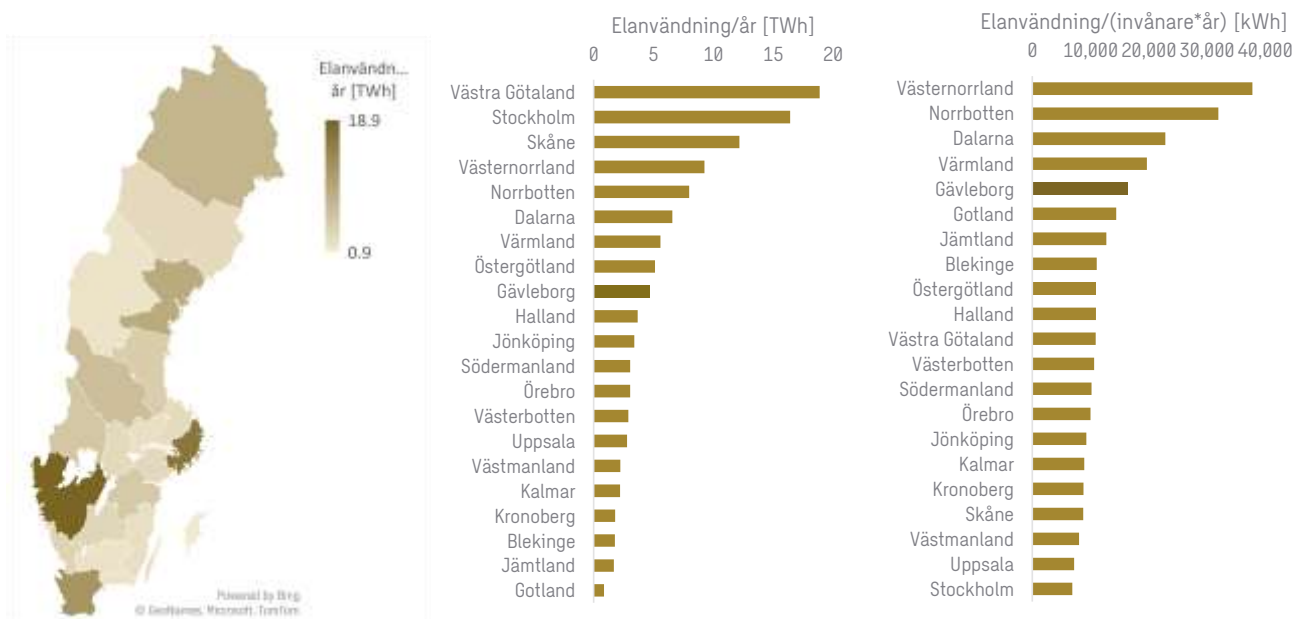
Leveranssäkerhet utgörs av dimensionerna tillräcklighet och driftsäkerhet. Tillräcklighet innebär att det produceras tillräckligt med el både momentant (effekt) och över tid (energi), samt att kapaciteten i elnäten är tillräckligt hög för att överföra den el som behövs. Nätkapacitetsbrist uppstår då de fysikaliska egenskaperna i elnätet begränsar nätets överföringsförmåga i en given tidpunkt, dvs. då det blir för "trångt" i elnätet för att elen ska kunna levereras till slutanvändaren. Driftsäkerhet handlar istället om vilka ramar och regler som kraftsystemet måste drivas inom för att säkerställa en säker och robust drift. Problem med driftsäkerheten kan exempelvis uppstå i ett icke-robust nät som inte har stormsäkrats.

Leveranssäkerheten i de svenska elnäten granskas av Energimarknadsinspektionen (Ei) genom ett par indikatorer. Exempelvis granskar de driftsäkerheten i de svenska elnäten genom att bland annat samla in information kring hur ofta enskilda kunder drabbas av avbrott, samt hur långa avbrotten är. De nämnda indikatorerna kallas SAIDI (System Average Interruption Duration Index) och SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) där SAIDI är utformad för att ge information om den genomsnittliga avbrottstiden per kund och år och SAIFI är utformat för att ge information om den genomsnittliga avbrottsfrekvensen per kund och år. Utöver dessa indikatorer tittar Ei även på hur stor andel av kunderna som upplever ett visst antal avbrott per år. Om en kund har över elva oaviserade avbrott på ett år så anses leveranskvaliteten inte vara god. Detta mäts med indikatorn CEMI12 (Customers Experiencing Multiple Interruptions).

Sverige som helhet har idag ett elnät med hög leveranssäkerhet. Med framtidens elsystem kommer dock utmaningar som kan påverka både tillräckligheten och driftsäkerheten i elnätet. Exempelvis bidrar en ökande andel icke-planerbara produktionskällor till att det blir mer utmanande att upprätthålla effektbalans och även frekvensstabilitet och spänningsstabilitet i systemet. En ökande andel av intermittenta energikällor kommer också ha en koppling till den fysiska planeringen genom ökade behov av lagringsmöjligheter till exempel. Det är dock inte enbart vad som görs i Sverige som påverkar leveranssäkerheten, utan även vad som sker i Sveriges grannländer, eftersom elsystemet är sammankopplat. Det är därför viktigt att förstå vilken roll angränsande elområden och grannländerna har.

1.3 Nuläge elanvändning och effektbehov i Gävleborg

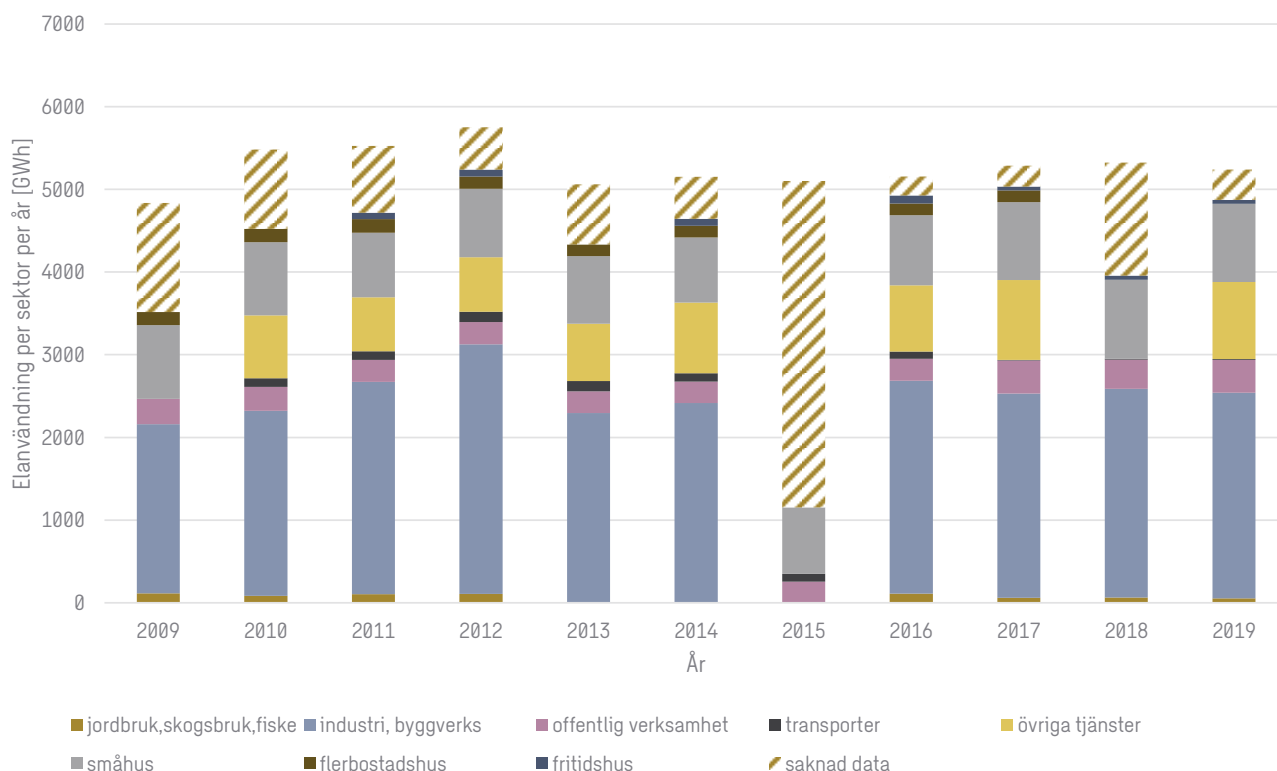
Med strax över 5 TWh årlig elanvändning ligger Gävleborg på plats nio bland Sveriges län, där listan toppas av Västra Götaland och Stockholm. Elanvändningen per capita är dock relativt hög och Gävleborg återfinns här på en femte plats bland Sveriges län, vilket återspeglar den stora andelen industriell produktion per capita.



Figur 14: Årlig elanvändning per län och per län och capita

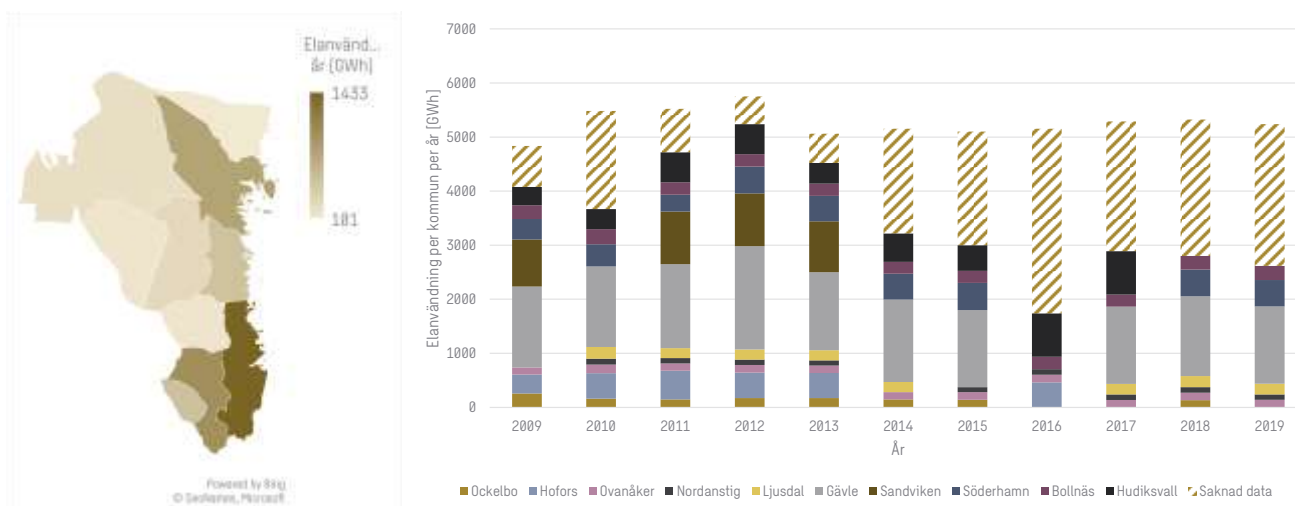
Den totala elanvändningen i regionen har under det senaste decenniet enbart ökat marginellt, från cirka 5 TWh 2009 till cirka 5,2 TWh år 2019, med en toppnotering på lite över 5,7 TWh år 2012. Nedgången sedan 2012 förklaras delvis av att industrins elanvändning minskade markant från toppnoteringen, nästan 700 GWh mellan 2012-2013. Den största förbrukarkategorin utifrån SCB:s statistik är entydigt kategorin industri och byggverksamhet⁴, som under 2019 stod för cirka 47 % av regionens elanvändning motsvarande nästan 2,5 TWh. Byggverksamhetens bidrag till denna siffra är med all sannolikhet minimal och denna kategori antas domineras av industrins elanvändning. Nationellt sett stod industrin för cirka 39 % av den totala elanvändningen (exklusive överföringsförluster) 2019 och industrin i Gävleborg utgör alltså en betydligt större del av elanvändningen än det nationella genomsnittet. Efter industrin var de största efterföljande förbrukarkategorierna under 2019 i storleksordning; småhus, övriga tjänster, och offentlig verksamhet. Småhus och övriga tjänster stod under 2019 för 18 % vardera av elanvändningen, motsvarande cirka 940 GWh per kategori, medan offentlig verksamhet stod för 7,6 % motsvarande cirka 400 GWh. Industrins elanvändning i regionen har under de senaste fyra åren legat relativt stabilt kring 2,5 TWh. De förbrukarkategorier som har drivit på elanvändningen de senaste åren har varit offentlig verksamhet, övriga tjänster och småhus medan de andra kategorierna har legat kring historiska värden eller minskat.

⁴ All statistik utifrån SCB-kategorin "industri och byggverks", där största delen är industri



Figur 15: Slutanvändning (el)⁵ på regionnivå fördelat på förbrukningskategori

Elanvändning på kommunnivå är starkt präglad av industrinärvaron och Gävle kommun, där också mer än en tredjedel av Gävleborgs befolkning bor, sticker ut med en elanvändning på 1430 GWh år 2019, motsvarande mer än 27 % av regionens totala användning. Den kommun med näst störst användning historiskt är Sandviken, men data därifrån har inte varit tillgänglig sen 2013 då den var 940 GWh.

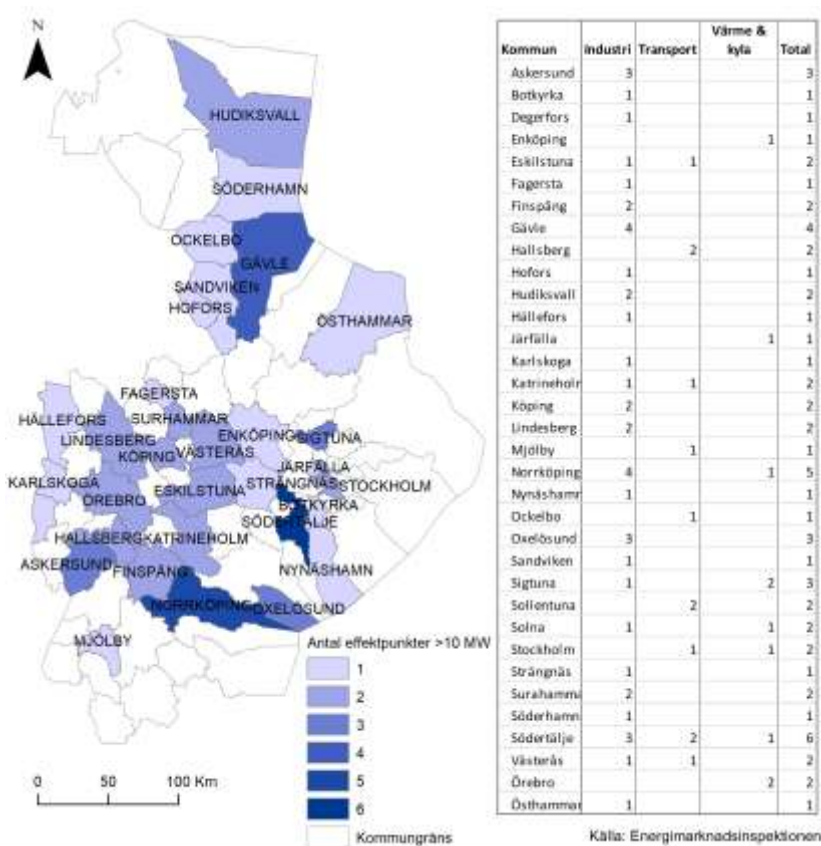


Figur 16: Elanvändning per kommun i Gävleborg

Den momentana elanvändningen i en viss tidpunkt är effekten. Det maximala effektuttaget i en viss ledning bestämmer hur stor ledningen behöver vara. Inom hela ÖMS-regionen fanns 2018 totalt 65 användare med en uttagen maxeffekt som någon

⁵ SCB: https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__EN__EN0203/SlutAnvSektor/

timme under året överstiger 10 MW - fördelat på industrier, transporter och övriga anläggningar, se Figur 17. Inom Gävleborgs tio kommuner finns det sammanlagt 10 nätanslutningar med en maxtimeffekt över 10 MW, varav 4 i Gävle och 2 i Hudiksvall.



Figur 17: Antal nätanslutningar med maxtimeffekt över 10 MW, per kommun inom Östra Mellansverige (ÖMS) för år 2018⁶.

Viktigt att påpeka är att den faktiska storleken på anslutningarna inte framgår av figuren, utan endast hur många anslutningar som är över 10 MW. Det innebär att en kommun som endast har en anslutning över 10 MW och är ljusblå i figuren kan vara högre belastad än en som har sex anslutningar och en mörkare blå färg. För att förstå lite bättre vilka aktörer som finns bakom dessa siffror har ett urval av de större bolagen⁷ som är verksamma inom Gävleborg-regionen intervjuats av Sweco inom ramen för denna studie. Dessa bolags självuppskattade elanvändning i nuläget kan ses i tabellen nedan. Bruttoanvändningen motsvarar summan av köpt el plus egenproduktion på plats, exempelvis en sodapanna. Egenproducerad el som används inom anläggningen redovisas sedan 2012 som "industriellt mottryck" i SCBs statistik. Stora Ensos anläggning i Skutskär ligger till största del i Uppland, men delar av anläggningen ligger även i Gävleborg vilket är varför den omnämns nedan, dock inkluderades inte Skutskärs elanvändning i raden med "summa intervjuade aktörer".

⁶ Region Stockholm (2020): Kraftförsörjning inom Östra Mellansverige

⁷ BillerudKorsnäs har inte deltagit i intervjustudien.

Tabell 1: Elanvändning för utvalda stora aktörer i regionen

Aktör	Kommun	Elanvändning (brutto) 2020 [GWh]	Varav uppgiven egenproduktion (normalårsproduktion ⁹) [GWh]	Installerad eleffekt [MW]
Sandvik	Sandviken	650	0	
Ovako	Hofors	430	0	
Stora Enso (Skutskär)	Delvis Gävle*	450	250 (353)	46
Stora Enso (Ljusne)	Söderhamn	65	0	
Holmen (Iggesund)	Hudiksvall	450	275–330 (346)	75
Rottneros (Vallviks bruk)	Söderhamn	176	146 (138)	31
Gävle Hamn	Gävle	50	0	
Summa industrianvändning i regionen	Regionen	Ca 2500		
Summa intervjuade aktörer (exkl Skutskär)	Regionen	Ca 1800		

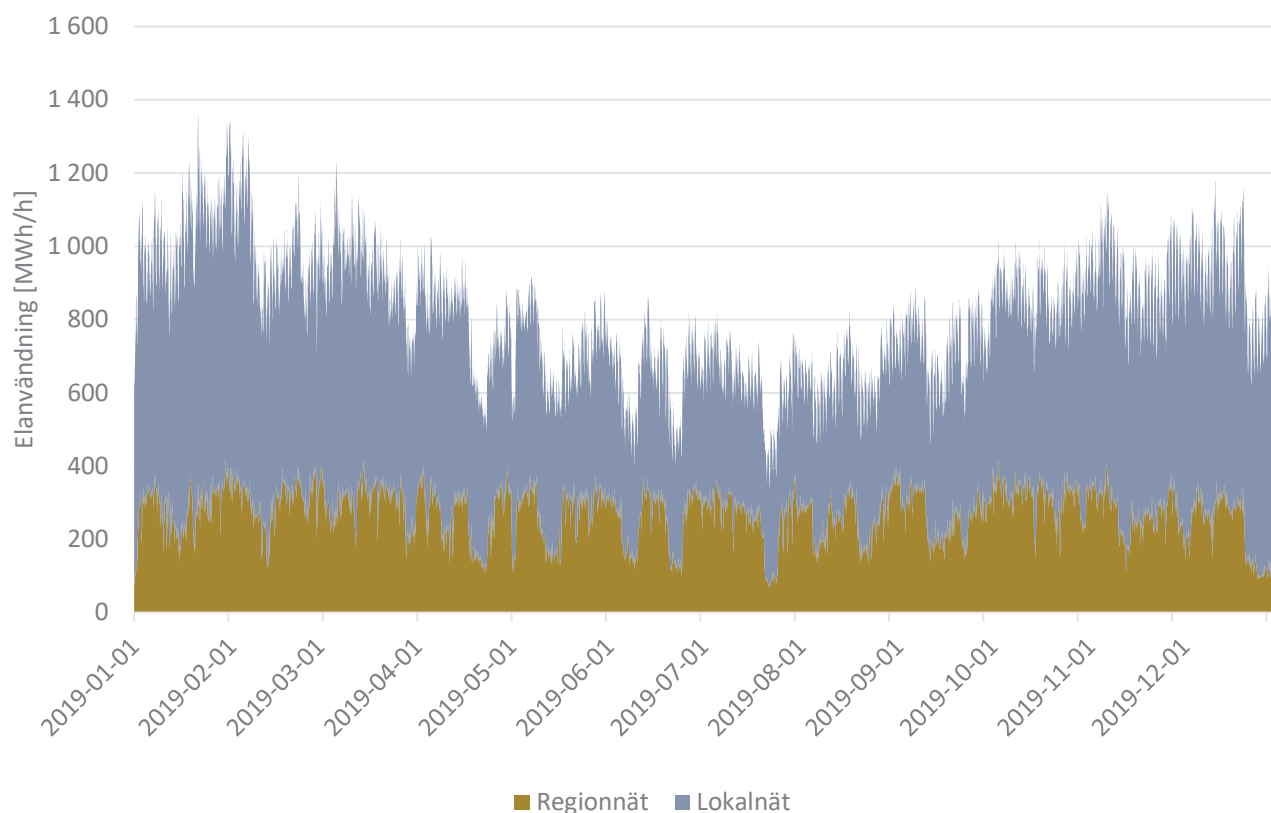
Utifrån tabellen ovan kan det konstateras att de intervjuade aktörerna utgör merparten av regionens totala industriella elanvändning⁸. Enbart Sandvik står för cirka 12 % av regionens totala elanvändning följt av Holmen Iggesund samt Ovako vardera cirka 8,2 %. Dessa tre enskilda anläggningar utgör alltså tillsammans nästan 29 % av den totala elanvändningen i hela regionen. Hade även BillerudKorsnäs räknats in hade de större bolagens dominans blivit än tydligare. Även Stora Enso Skutskär är en stor elförbrukare och en viktig arbetsgivare i regionen, men då anläggningen ligger i både Uppland och Gävleborg, där merparten ligger i Uppland, så har Skutskärs elanvändning särskilts från regionens elanvändning tabellen ovan.

De kommande figurerna visar effektbehovet i nätområden som ligger helt eller delvis i Gävleborg. Nätområden är ett avgränsat område där ett nätföretag har tillstånd att distribuera el (så kallad nätkoncession). Ett nätföretag kan ha ansvar över flera nätområden. Nätområden följer inte kommungränser, varpå det är utmanande att ta fram ett exakt effektbehov för region Gävleborg. Eftersom en del nätområden som endast har en liten del av elanvändningen i Gävleborg ingår i figuren så kan det antas att effektbehovet överskattas något, varför det framförallt är mönstret som ska granskas snarare än de exakta effektnivåerna.

⁸ Enligt Energimyndighetens Godkända anläggningar

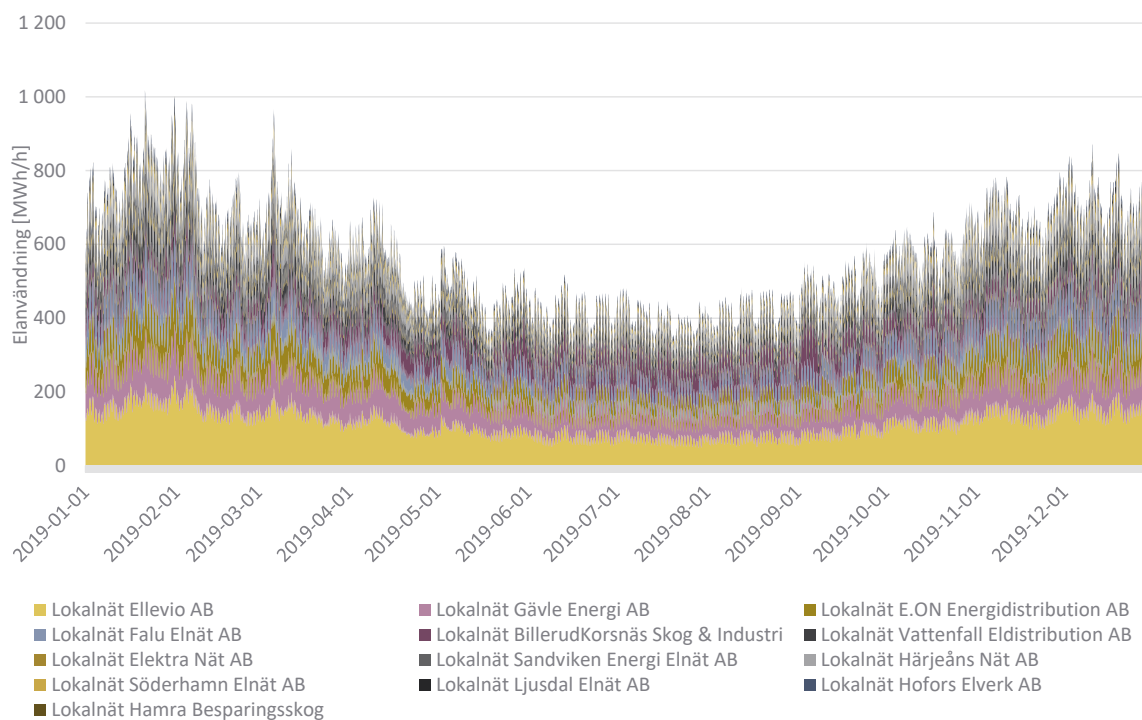
⁹ Microsoft är inte inkluderad här eftersom det är inte färdigbyggt

Effektbehovet i Gävleborg varierar beroende på olika parametrar, bland annat typ av elanvändare och säsong, framförallt inom lokalnätet. Figur 18 visar elanvändningen per timme (effekten) i region- respektive lokalnätet. Det är tydligt i figuren att det i lokalnätet finns ett säsongsmönster som inte finns i regionnätet. Elanvändarna i regionnätet har ett mer jämnt uttag över året medan lokalnätets elanvändare har ett betydligt högre effektbehov under vintermånaderna än under sommarmånaderna. Detta beror på att det till regionnätet framförallt ansluter större elanvändare som exempelvis industrier. De flesta stora industrier har ett relativt jämnt effektuttag över året, ibland med avbrott för semestrar eller underhåll, och påverkas generellt inte av temperaturförändringar. Till lokalnätet ansluter majoriteten av elanvändarna, från hushållskunder till mindre industrier. I lokalnätet finns det, till skillnad från i regionnätet, ett tydligt temperaturberoende bland elanvändarna: när temperaturen går ned går elanvändningen upp. Detta beror på att uppvärmning står för en stor andel av elbehovet bland lokalnätets elanvändare, och ju kallare det är ute desto mer uppvärmning krävs.

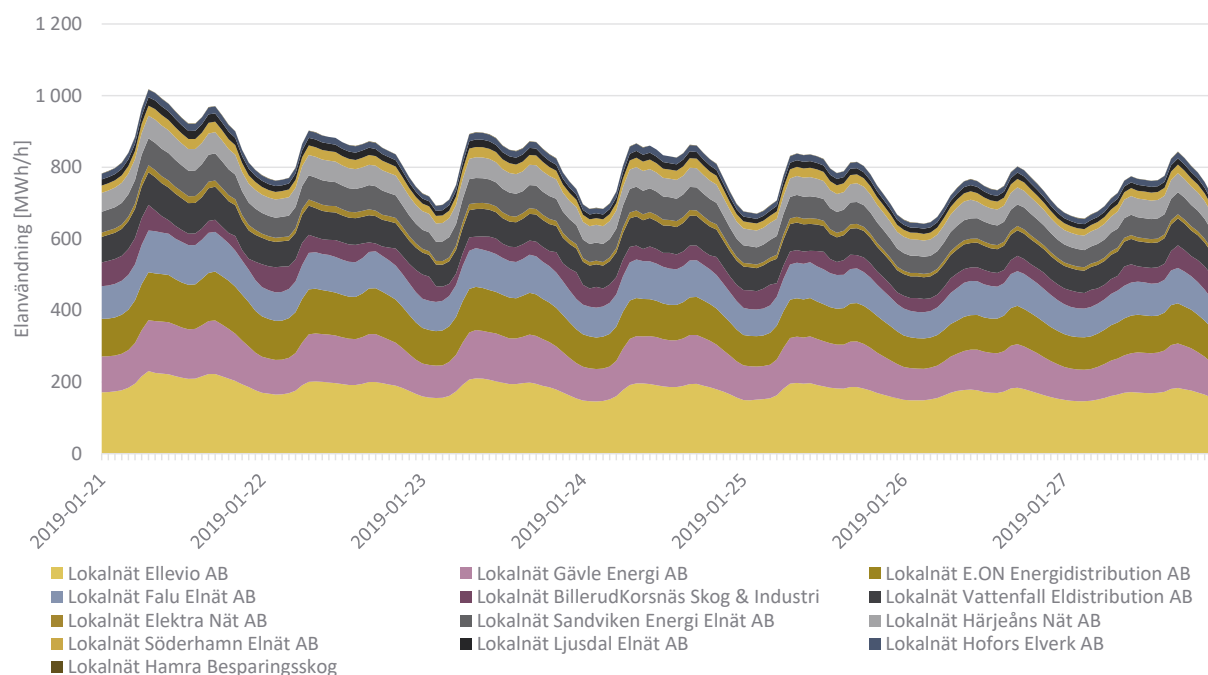


Figur 18. Elanvändning per timme under 2019 i Gävleborgs region- respektive lokalnät. Källa: Statistik från Svenska kraftnät, bearbetad av Sweco

Figur 19 visar effektbehovet per timme i lokalnätet, uppdelat per lokalnätsbolag, under år 2019. Effektbehovet är högst på vintern med ett par höga toppar under januari och februari, som kopplas till låga temperaturer under dessa tillfällen. Vid inzoomning på en kall vecka, enligt Figur 20, så påvisas att det även finns ett tydligt vecko- och dygnsmonster. I figuren visas effektbehovet under 21-27 januari 2019. Det går tydligt att se att effektbehovet går ned på natten, samt även till viss del under helgen. Effektbehovet är också som störst under morgonen och kvällen, med en liten nedgång mitt på dagen. Detta är ett mönster som är vanligt att se i lokalnät, där en stor del av elanvändningen sker i bostäder och lokaler.



Figur 19. Elanvändning per timme under 2019 i Gävleborgs lokalnät. Källa: Statistik från Svenska kraftnät, bearbetad av Sweco

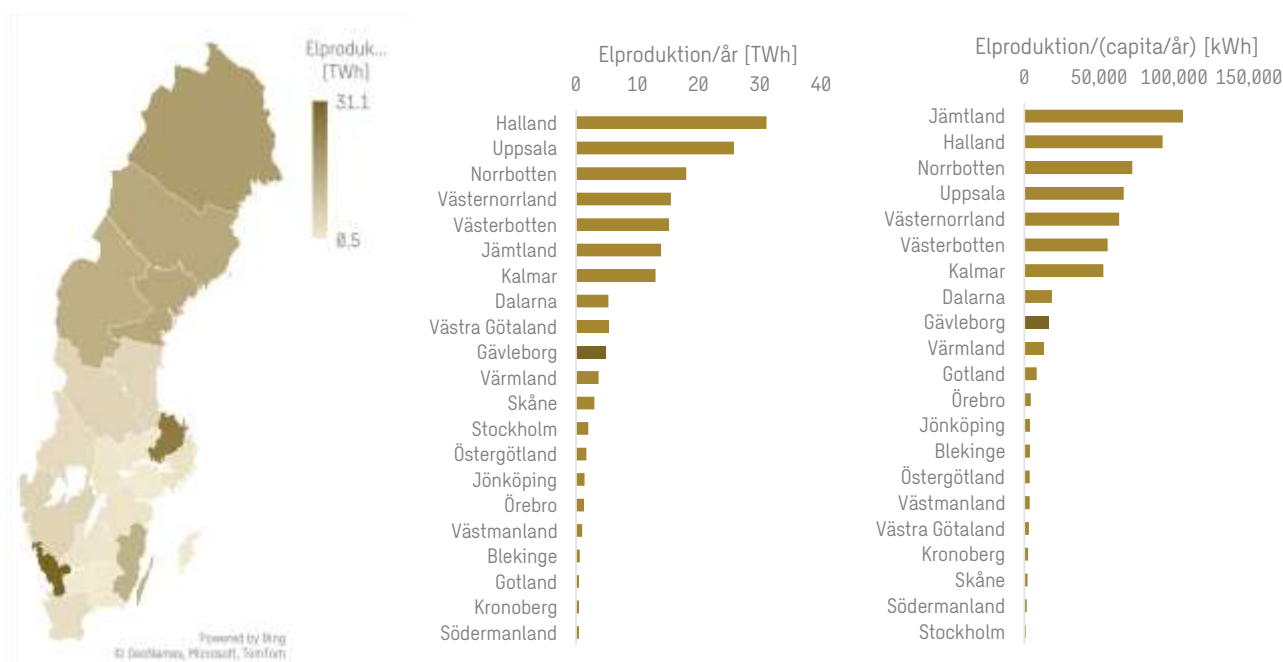


Figur 20. Elanvändning per timme under en kall vecka (21-27 januari) 2019 i Gävleborgs lokalnät. Källa: Statistik från Svenska kraftnät, bearbetad av Sweco

1.4 Nuläge elproduktion i Gävleborg

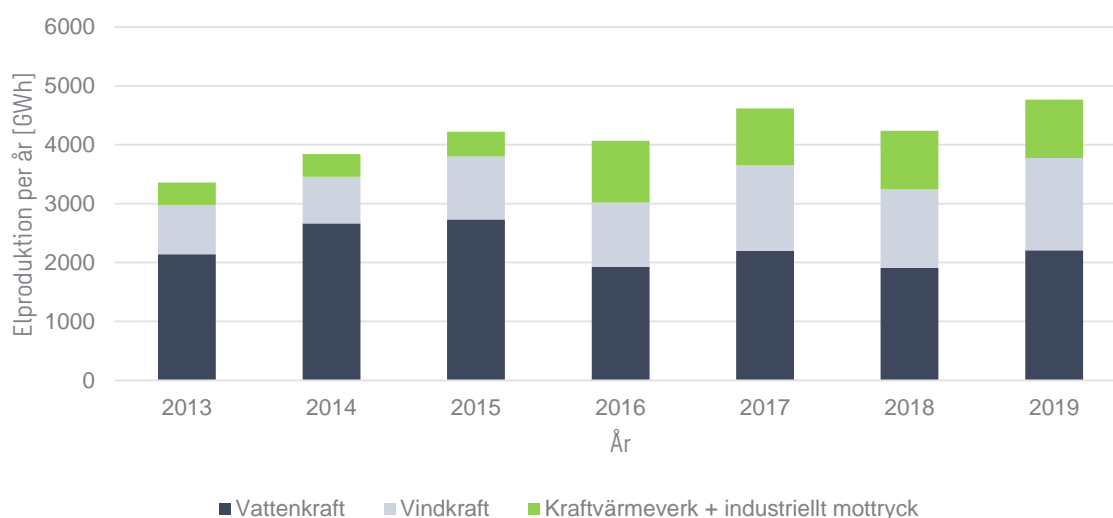
I den nationella jämförelsen om absolut elproduktion sticker kärnkraftsregionerna Halland, Uppsala och Kalmar ut, samt vindkraftregionerna i norra Sverige. Gävleborg hamnar på plats 10 i mittfältet av de 21 regionerna. Per capita blir det ungefär

samma bild, även om ordningen ändras något och Gävleborg klättrar till en nionde plats med ca. 16 700 kWh/capita, långt efter de fem ledande regionerna som alla producerar mer än 60 000 kWh/capita.



Figur 21: Elproduktion i Sveriges regioner

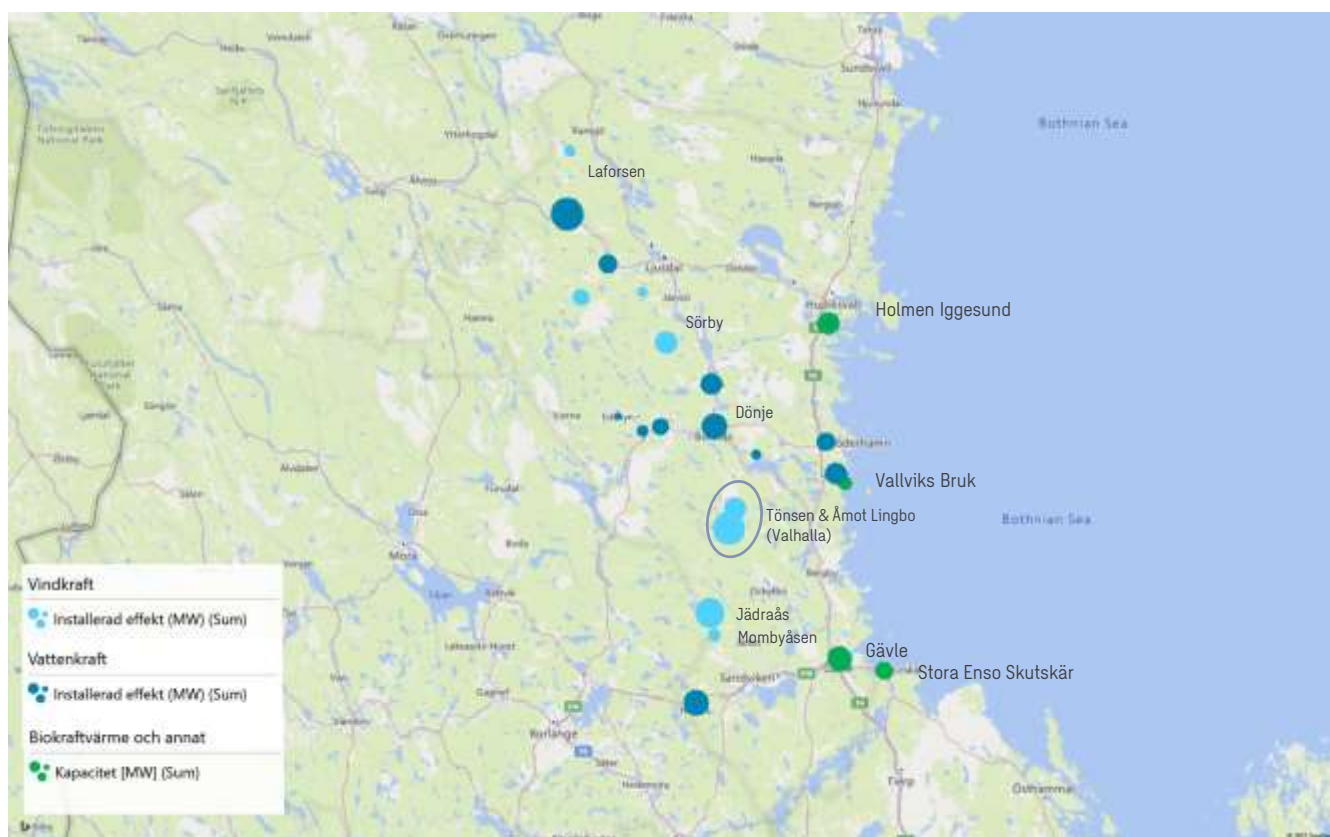
Den totala elproduktionen i regionen har varierat mellan cirka 3,3 TWh till 4,7 TWh mellan åren 2013–2019 med toppnotering år 2019. En del av variationen kan förklaras med olika mycket tillrinning och vind. Det finns dock en underliggande ökning. Tillväxten har bland annat drivits av vindkraft, som ökat från 840 GWh år 2012 till 1570 GWh 2019 (33 % av totala elproduktionen) med parker som Högkølen, Jädraås, Sörby, Åmot-Lingbo, Våsberget, Svartvallsberget och Fallåsberget.



Figur 22: Elproduktionen i Gävleborg per produktionskälla

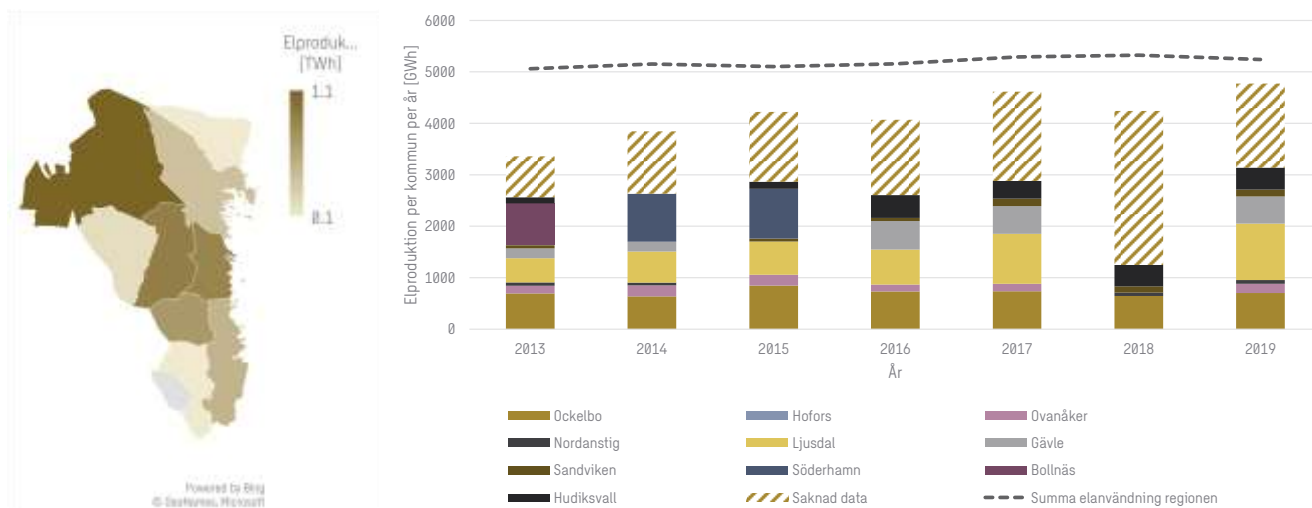
Tillväxten har även drivits av kraftvärme som ökat från cirka 330 till nästan 1000 GWh (21 % av totala elproduktionen) under samma period med bland annat Bomhus kraftvärmeverk på 90 MW eleffekt, Holmen Iggesund (75 MW), Stora Enso Skutskär (46 MW) och Vallviks bruk (31 MW). Vattenkraften har varierat under denna period men har legat i spannet 1900 – 2700 GWh

med en produktion på cirka 2200 GWh (46 % av totala elproduktionen) 2019. Den största delen av variationen kan hänföras till olika väderår och därmed tillrinning, men det har även gjorts en del omfattande ombyggnationer och produktionsökningar i framför allt Fortums och Edsbyns Elverks anläggningar.



Figur 23: Drifttagna elproduktionsanläggningar i Gävleborg

Elproduktionen är något ojämnt fördelad inom regionen. Nedan ses data gällande elproduktion per kommun från SCB. Dessvärre saknas data från flera kommuner för flera år och stapeln "saknad data" illustrerar skillnaden mellan regionens totala elproduktion och den aggregerade elproduktionen från kommunerna. Av de kommuner där data är tillgängligt så har Ljusdal högst produktion under 2019 (1098 GWh) med mycket vindkraft följt av Ockelbo (702 GWh) och Gävle (527 GWh). I kartan har produktionen estimerats för att illustrera den regionala fördelningen.



Figur 24: Elproduktion i Gävleborg per kommun samt regionens totala elanvändning

Regionen har haft ett nettounderskott av el under hela perioden 2013-2019. Underskottet har varierat från cirka 1700 GWh år 2013 till 470 GWh år 2019, ett underskott som möjligtvis kommer att minska än mer framöver då fler vindkraftsprojekt sätts i drift. Produktionen behöver dock inte matcha elanvändningen på lokal eller regional nivå, såvida elnätet är tillräckligt utbyggt och kan överföra elen.

2 UTVECKLING AV EL- OCH EFFEKTBEHOV SAMT ELPRODUKTION I GÄVLEBORG

Sweco har tagit fram två scenarier för den framtida elanvändningen i Gävleborg, eftersom den långsiktiga utvecklingen är förknippad med stora osäkerheter och beror på en mängd faktorer, inte minst tillgången till nätkapacitet för att möjliggöra för industrisatsningar och attrahera nya aktörer till regionen. Liksom för övriga Sverige väntas elanvändningen i Gävleborg gå från att ha legat relativt stabil till att växa kraftigt under de kommande decennierna, driven av elektrifiering inom transport, industri och vätgassatsningar. Industriaktörerna i Gävleborg beskriver att deras elanvändning har legat relativt stabilt de senaste åren och att deras elanvändning på kort sikt kommer drivas av en mindre organisk tillväxt. Det finns dock ett flertal industrier som överväger när, och i vilken form, en övergång till mer förnybara bränslen så som vätgas eller en renodlad elektrifiering av processerna, ska ske. Dessa planer uppges dock vara i ett tidigt skede vilket gör det svårt för bolagen att uppskatta hur stor påverkan dessa investeringar skulle ha i form av ett ökat effektuttag och en ökad energianvändning. I stort kan det konstateras att de satsningar som stålaktörerna lyft främst kretsar kring vätgasproduktion på plats medan aktörer inom pappersmassaindustrin främst nämner implementering av så kallad bio-carbon-capture and storage (BECCS) och eventuellt produktion av så kallade elektrobränslen.

I likhet med övriga Sverige – där vätgasplanerna formligen exploderat under de senaste 1,5 åren - finns det betydande planer för vätgasproduktion i länet. Det finns en vision om att skapa ett svenskt "Hydrogen Valley" och enligt Vätgas Sverige kan Gävleborg bli en ledstjärna i Sverige inom detta område. Utöver att ett flertal industriaktörer överväger egen vätgasproduktion så indikerar även vindkraftsproducenter i länet att det kan komma att bli aktuellt med vätgasproduktion.

Det har funnits ett stort intresse från ett flertal företag att etablera olika storlekar av datacenter i regionen, men det projekt som är längst gånget och är störst i omfattning är Microsofts etablering i Gävle och Sandviken. I kölvattnet av denna etablering bedöms dock finnas en efterfrågan efter "colocations" av andra, mindre, datacenter i närheten av stora datacenter. Samtidigt som transportsektorn idag står för en mycket liten del av den totala elanvändningen, behöver hela sektorn ställa om och här kommer elektrifiering spela en stor roll. I båda scenarierna sker därför en kraftig ökning av elanvändningen, varav en stor del tillkommer under de kommande 5–10 åren. Elanvändningen ökar med 25 % till 2025, 50–65 % 2030 och 50–100 % 2045. Eftersom scenarierna i stor utsträckning baseras på existerande planer från intervjuer med regionala aktörer är det naturligt att utvecklingen sker i en långsammare takt längre fram i tiden.

Den idag kända potentiell tillkommande elproduktionen i Gävleborg fram till 2030 som kan möta den ökande efterfrågan uppgår till ca. 5200 MW motsvarande ca. 20 TWh fram till 2030 och utgörs huvudsakligen av vindkraft och speciellt av havsbaserad vindkraft. De idag kända projekten inom havsbaserad vindkraft står för 3660 MW, vilket motsvarar 71% av den potentiella kapacitetsökningen mellan 2021-2030 och med 15 TWh cirka 75% av den potentiell tillkommande produktionen. Den stora volymen av ny tillkommande produktion inklusive all havsbaserad vindkraft kan enbart realiseras under andra halvan 2020-talet, givet att tillstånds- och nätanslutningsfrågorna kan lösas. De idag kända projekten inom landbaserad vindkraft står för 1473 MW potential till 2030 (ca. 4.9 TWh normalårsproduktion). Av dessa landbaserade projekt är 267 MW (ca. 789 GWh) tillståndsgivna.

Svenska kraftnät planerar och genomför massiva förstärkningar av transmissionsnätet i nord-sydlig riktning inom ramen för NordSyd projektet, där Uppsala- och Västeråsbenet har störst relevans för Gävleborg, eftersom det möjliggör mer in- och utmatning. NordSyd är Svks största investeringspaket någonsin som innebär att stora delar av mellersta Sverige kommer förnyas och förstärkas genom en serie åtgärder de närmsta 20 åren. Svenska kraftnät nämner i en intervju att investeringarna kommer leda till att det efter 2033–2035 kommer finnas stora möjligheter för ytterligare uttag och inmatning i både Gävleborgs län och omkringliggande områden. Preliminärt tror Svenska kraftnät att det handlar om en ökad tillgänglighet på cirka 1000 MW.

Utöver förstärkningar i transmissionsnätet pågår även förstärkningar av regionnätet. I intervjuer med de tre regionätsföretagen nämner de att de generellt kan hantera mindre anslutningar, under cirka 5 MW, relativt snabbt. Större

anslutningar än det kan ta runt två år att hantera i vissa hårt belastade områden. Vid anslutningar större än ca 25-50 MW, krävs i regel ny linjekoncession och för ännu större anslutningar (>300 MW) krävs sannolikt en transmissionsnätsanslutning.

2.1 Sveriges elanvändning väntas öka markant efter över 30 år av små förändringar

Sveriges kraftsystem kännetecknas av en relativt hög elanvändning per capita och god tillgång till el. I dagsläget uppgår elanvändningen i Sverige årligen till 140 TWh inklusive förluster. Sveriges elanvändning har i princip varit konstant sedan slutet av 1980-talet, trots att befolkning och BNP ökat betydligt.

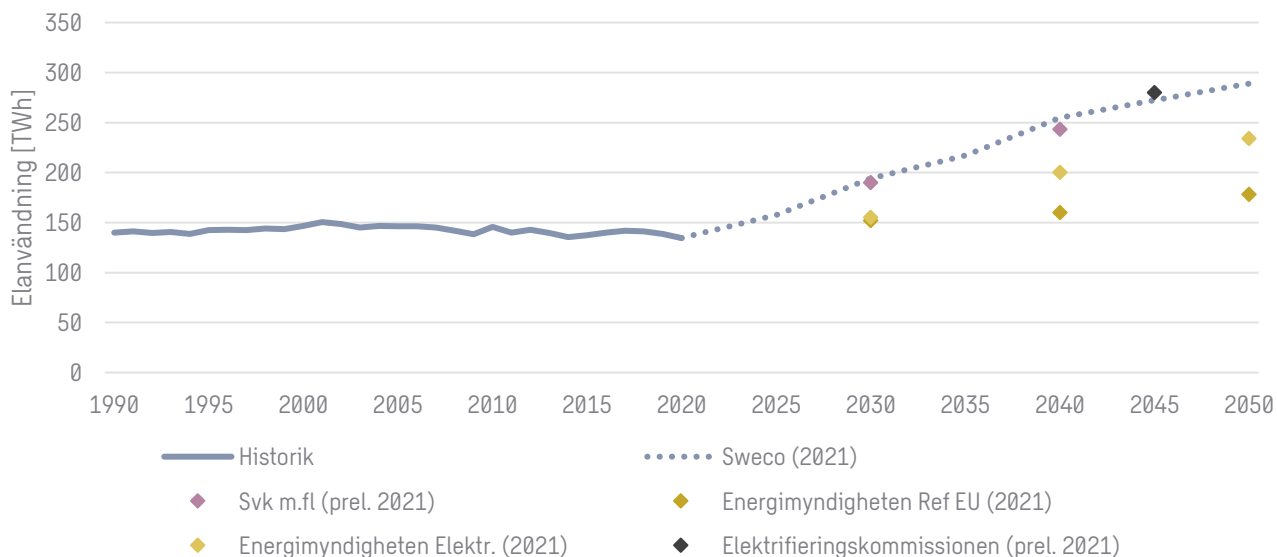
Idag är de flesta bedömare eniga om att det är dags för en ny ökning av elanvändningen i såväl Sverige som övriga Norden och Europa, främst driven av en elektrifiering av transport- och industrisektorn för att fasa ut fossila bränslen och nå uppsatta klimatmål. I Energimyndighetens senaste långsiktiga scenarier¹⁰ ökar elanvändningen till mellan 170 och 234 TWh 2050 beroende på scenario, vilket skulle innebära en ökning på mellan 20 och 70 procent. Skillnaden mellan scenarierna är att scenariot med högre elanvändning utgår från en snabb och omfattande elektrifiering inom industri och transportsektor samt en snabb digitalisering och uppförande av datacenter, medan det andra scenariot istället utgår från antaganden om en långsammare teknikutveckling och utbyggnadstakt.

Energimyndighetens scenarier utformades före tillkännagivandet av flera större industriprojekt¹¹ och i andra nyligen framtagna scenarier från myndigheter och kommersiella aktörer är ökningen betydligt större. Svenska kraftnät och övriga nordiska transmissionsnätsoperatörer arbetar för närvarande med att ta fram ett scenario inom projektet Nordisk nätutvecklingsutblick 2021, där resultatet kommer att användas för att utforska det framtida systembehovet för det nordiska kraftsystemet. Scenariot går under namnet "Klimatneutrala Norden", och enligt preliminära siffror ökar Sveriges elanvändning i scenariot till 190 TWh 2030 och 240 TWh 2040. Detta går i linje med regeringens nyligen presenterade förslag på målbild och inriktning för den nationella elektrifieringsstrategin¹², där man föreslår att utforma en planeringsram som tar höjd för en möjlig fördubblad elanvändning till 2045. Figur 25 visar elanvändningens utveckling i ovan nämnda scenarier tillsammans med Sweco:s huvudscenario. Elanvändningen i scenarierna är betydligt högre än vad som presenterades i långsiktiga scenarier för bara något år sedan, vilket är en följd av de flera stora elintensiva industriprojekt, främst inom vätgasproduktion, som lanserats under det senaste året.

¹⁰ Energimyndigheten, 2021, Scenarier över Sveriges energisystem 2020, ER 2021:6

¹¹ Bland annat inkluderas inte H2GS planer på fossilfritt stål i Boden och LKAB:s förväntade elbehov på 55 TWh har bara täckts in delvis,

¹² <https://www.regeringen.se/artiklar/2021/03/malbild-och-12-punkter-for-det-fortsatta-arbetet/>



Figur 25. Elanvändningens årliga utveckling i Sverige i ett par olika scenarier. Källa: Sweco

Den förväntade ökningen i elanvändning drivs av en global klimatomställning och digitalisering, och består dels av elektrifiering, både direkt och indirekt, av sektorer som idag använder fossila bränslen, dels av etablering av ny elintensiv industri som datacenter och batteriproduktion där Sverige internationellt sett har konkurrensfördelar i en hög andel fossilfri elproduktion och låga elpriser. Under det senaste året har intresset för indirekt elektrifiering i form av användning av vätgas och elektrobränslen som produceras från el ökat kraftigt, och flera industriprojekt har lanserats på olika håll i landet vars elanvändning får en stor påverkan på den totala förbrukningen även på en nationell nivå.

På följande sida presenteras utvecklingstrender inom ett urval huvudsektorer.

Industri

På längre sikt väntas en omfattande elektrifiering av industri som idag använder mycket fossila bränslen, även om potentialen för ökad elanvändning skiljer sig mellan olika industrier. Exempelvis är elanvändningen i skogs- och pappersmassaindustrin redan idag hög och andelen fossila bränslen låg, medan potentialen är större i järn- och stålindustrin eller cementindustrin där el kan ersätta fossila bränslen i olika värmningsprocesser.

Förutom elektrifiering tillkommer elanvändning från nya etableringar av elitensiv industri. Det har historiskt varit få tillkommande stora industriella elanvändare i Sverige, utan kortsiktigt har det främst varit konjunkturen som styr industris elanvändning. Under de senaste åren har det dock lanserats flera nya satsningar, bland annat till följd av den goda tillgången på fossilfri energi. Batteritillverkaren Northvolt är ett exempel inom denna kategori, men även exempelvis produktion av olika bränslen med el som en viktig insatsvara står i startgroparna. Ett annat aktuellt exempel är H2GS planer på fossilfri stålproduktion i Boden. En del av de planerade nya industrisatsningarna innebär tillämpning av befintlig teknik och andra är mer osäkra då tilltänkt teknik är mer osäker.

Produktion av vätgas och elektrobränslen (P2X)

Efterfrågan på vätgas producerad av el väntas öka markant inom såväl Sverige, EU som globalt framöver som ett led i att ersätta fossila bränslen. Historiskt har vätgasen primärt framställts med hjälp av fossila bränslen, men vätgasen kan även framställas genom elektrolys med förnyelsebar el, vilket är det som ofta betraktas som framtiden för vätgas.

I Sverige är det kändaste projektet kopplat till vätgas Hybrit, som är ett gemensamt projekt mellan Vattenfall, SSAB och LKAB där vätgas ska ersätta fossila bränslen i processen vid ståltillverkning genom att reduktionen av järnmalmen genomförs med vätgas. Tillverkningen av vätgas genom elektrolys kräver stora mängder el och vid full drift bedöms elbehovet uppgå till drygt 15 TWh per år. I november i fjol lanserade LKAB en egen plan för en fullskalig omställning till fossilfrihet, där elanvändningen för vätgasproduktion uppskattas till nästan 50 TWh. Vätgas är också ett alternativ för omställningen av transportsektorn, framförallt i tunga och långa transporter som lastbilar, sjöfart och luftfart där fördelarna gentemot batteridrift är större.

Elektrifiering av transporter

Transportsektorn står idag för en mycket liten del av den totala elanvändningen idag, men för att nå våra energi- och klimatmål behöver andelen fordon som drivs med el öka drastiskt. Om större delen av transportsektorn elektrifieras kan Sveriges elanvändning på sikt komma att öka med 15–30 TWh, vilket motsvarar 10–20 procent av dagens elanvändning. Elektrifiering väntas ske snabbast inom persontrafiken och eftersom vägtrafik är det trafikslag som står för den absolut högsta energianvändningen idag kommer en omfattande elektrifiering av segmentet vägtransporter att få störst påverkan på kraftsystemet. Lokalt kan dock elektrifiering av hamnar och flygplatser i framtiden få en stor påverkan på elanvändning och effektbehov.

En elektrifiering av transportsektorn kan komma att få en ännu större påverkan på det framtida effektbehovet, beroende på hur stor del av fordonen som är laddningsbara och hur laddningen av fordonen fördelar sig över dygnet. Om alla privatpersoner laddar sina elbilar sent på eftermiddagen när de kommer hem från jobbet blir topparna i elanvändningen höga. Laddning av elfordon kan även innebära lokala ansträngningar för elsystemet på grund av höga laddeffekter.

Datacenter

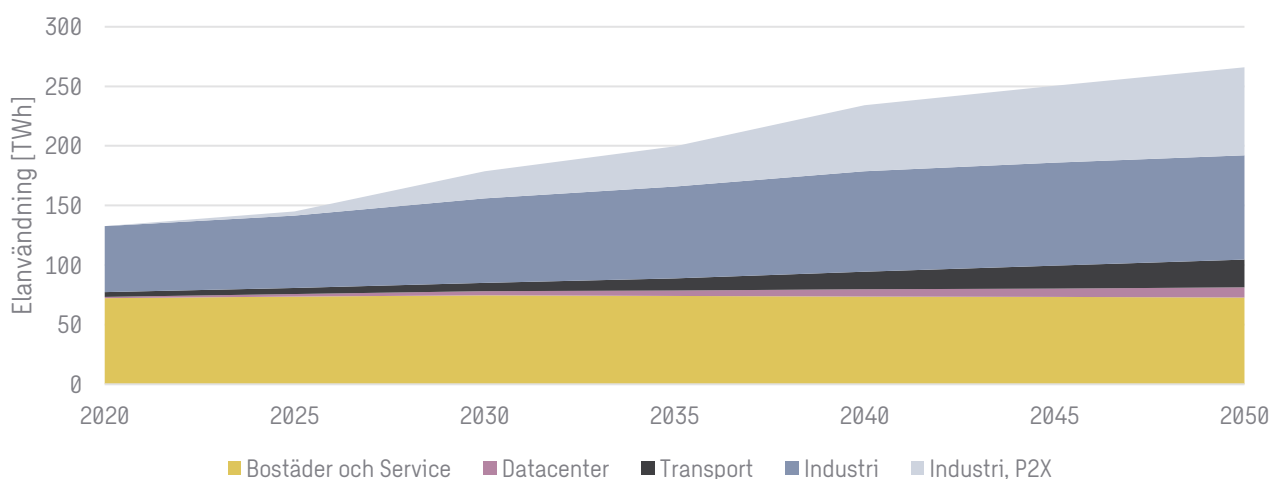
Globalt såväl som i Sverige väntas marknaden för datacenter fortsätta att växa. Allt mer data samlas in och lagras, vilket öppnar upp för nya tjänster. Även om processorer och hårddiskar blir allt energisnålare i förhållande till både beräknings- och lagringskapacitet finns det inget som idag tyder på att trenden mot att datacenter står för en allt större elanvändning globalt sett ska brytas.

Sverige har flera egenskaper som är attraktiva för etableringar av datacenter med sin politiska och ekonomiska stabilitet, bra IT-infrastruktur och ett kallare klimat som minskar behovet av energikrävande kylning av den värme som alstras av datahallarna. Även om det mesta talar för en kraftig ökning av elanvändningen i datacenter, råder fortfarande en stor osäkerhet kring hur mycket elanvändningen kommer att öka och hur den kommer att fördela sig geografiskt. Generellt är det ur ett nätperspektiv betydligt enklare att etablera ett stort datacenter i de norra delarna av landet på grund av närheten till elproduktionen och att det finns färre flaskhalsar i nätet, samt att det är ett kallare klimat. I kommuner med kapacitetsbrist finns det olika syn på hur attraktivt etableringar av datacenter är, då en större etablering av ett datacenter kan ta en stor del av tillgänglig nätkapacitet i anspråk.

Figur 26: Trender och drivkrafter per sektor

Elanvändningen inom bostads- och servicesektorn har nationellt legat relativt stabil på omkring 70 TWh under de senaste 20 åren, även om de årliga variationerna kan vara stora eftersom en stor del av elanvändningen går till uppvärmning och därmed är utetemperaturberoende. I de flesta nationella scenarierna antas elanvändningen inom bostäder och service (exklusive datacenter) ligga kvar omkring samma nivå som idag, trots ökat bostadsbyggande. Förenklat sett vägs en ökad elanvändning från en växande befolkning och ökad användning av hushållsel och driftsel upp av energieffektivisering, varmare klimat och konverteringar från direktvärmade el till andra uppvärmningssätt. När det gäller uppvärmning har den största förändringen under de senaste åren varit värmepumparnas frammarsch. Undersökningar har visat att värmepumpar idag primärt ersätter

äldre värmepumpar eller direktverkande el/elpannor, vilket innebär att denna trend bidrar till en minskande snarare än ökande elanvändning.



Figur 27: Sweco's nationella elanvändningsscenario per sektor

2.2 Utveckling av elanvändningen i Gävleborg

Liksom för övriga Sverige väntas elanvändningen i Gävleborg gå från att ha legat relativt stabil till att växa kraftigt under de kommande decennierna. Utvecklingen drivs av elintensiva industrisatsningar och nya etableringar av datacenter och vätgasproduktion vars förbrukning kraftigt påverkar regionens totala elanvändning. En elektrifiering av transportsektorn innebär en annan typ av ny elanvändning som skapar utmaningar med lokala effekttoppar och enskilt höga effektbehov från snabbbladdning och laddning av tyngre fordon som kan skapa problem i områden där elnätet inte är väl utbyggt.

I intervjuer med lokala aktörer anger näringsliv, kommuner och elnätsbolag att kapacitetsläget är bra och att det finns goda möjligheter till att tillgodose behovet från en normal samhällsutveckling, men representanter från samtliga aktörsgrupper ser problem med att ansluta större laster. Med detta menas att aktörer på användarsidan i vissa fall inte kan anslutas inom deras önskade tidsintervall samt att elnätsbolagen i vissa fall inte kan tillgodose den önskade effekten inom det tidsintervall som den anslutande parten har efterfrågat. På flera håll lyfter man samtidigt ett behov för sådana större punktlaster för att möjliggöra regionala industrisatsningar och attrahera ny elintensiv industri och datacenter till regionen. Inom den befintliga industrin finns det förutom *vanliga* produktionsökningar planer på lokal vätgasproduktion samt implementering av infångning av koldioxid (bio-carbon-capture and storage, BECCS) i kombination med produktion av elektrobränslen, processer som kräver stora mängder el. Från kommunerna finns det ett stort intresse av att attrahera ny elintensiv industri, men möjligheterna till detta är osäkra och i flera kommuner har man sagt nej till nya etableringar på grund av begränsad nätkapacitet. Kapacitetsläget varierar från kommun till kommun men övergripande kan man säga att de kommuner som behövt säga nej till etableringar för tillfället har relativt små abonnerade effekter. Även om marken och andra förutsättningar finns på plats så är det en utmaning när en extern aktör närmar sig kommunen ifråga med en förfrågan på uttag som i flera fall är mångdubbelt större än hela kommunens nuvarande användning. En sådan stor ökning innebär i regel en lång handläggningstid och kan komma med en relativt stor kostnad för den aktör som vill abonnera på den effekten. De aktörstyper som närmar sig dessa kommuner har i regel en kortare acceptabel tidshorisont på hur lång tid etableringen får ta jämfört med hur lång tid elnätsförstärkningen ifråga beräknas ta av elnätsbolaget, vilket gör att dessa bolag i flera fall väljer att gå vidare med en eller flera andra ansökningar parallellt. Om kostnaden är för hög eller projektet bedöms ta "för lång tid" väljer den externa aktören troligen att gå vidare med andra möjligheter.

2.2.1 Industri – Stort spann med stora osäkerheter gällande elanvändningen framöver

Industrins elanvändning i Gävleborg utgörs till stor del av ett fåtal aktörer inom stål- och pappersindustri, med sex större elanvändare som tillsammans står för nästan 90 % av industrins totala elanvändning. Elanvändningen inom industrisektorn

har under de senaste åren legat relativt stabil omkring 2,5 TWh, men en omställning från fossila bränslen till el och vätgas kan komma att innebära en kraftigt ökad elanvändning under kommande decennier.

Industriaktörerna i Gävleborg beskriver att deras elanvändning har legat relativt stabilt de senaste åren och att deras elanvändning på kort sikt kommer drivas av en mindre organisk tillväxt. Det finns dock ett flertal industrier som överväger när, och i vilken form, en övergång till mer förnybara bränslen så som vätgas eller en renodlad elektrifiering av processerna, ska ske. Dessa planer uppges dock vara i ett tidigt skede vilket gör det svårt för bolagen att uppskatta hur stor påverkan dessa investeringar skulle ha i form av ett ökat effektuttag och en ökad energianvändning. I stort kan det konstateras att de satsningar som stålaktörerna lyft främst kretsar kring vätgasproduktion på plats medan aktörer inom pappersmassaindustrin främst nämner implementering av så kallad bio-carbon-capture and storage (BECCS) och eventuellt produktion av så kallade elektrobränslen. Det är endast en aktör, Ovako i Hofors, som nämner att de har en konkret dialog med sin nätägare, om ett utökad effektabonnemang på 15–35 MW för att möjliggöra vätgasproduktion vid anläggningen. En annan aktör, Sandvik, nämner dock att om de skulle besluta att ställa om hela produktionen till att drivas med vätgas istället för den nuvarande gasen, med produktion vid anläggningen, så skulle effektbehovet kunna öka med upp till 100 MW.

En genomgående trend bland industriföretagen i regionen verkar vara att de har en del luft i sina abonnemang, alltså att de inte använder sin maximala abonnerade effekt, vilket innebär att mindre ökning bör kunna ske inom abonnemangets gränser. Dock är det viktigt att vara medveten om att nätföretagen ofta planerar och bygger sina nät efter vilken effekt som utnyttjas istället för vad som abonneras på, varpå det skulle kunna bli problem i elnätet om alla industrier i Gävleborg vill gå upp till sin abonnerade effekt samtidigt. Dessutom ligger en ökning i storleksordning 100 MW långt utanför denna ram, men Swecos syn är att dessa företag är medvetna om att en eventuell betydande ökning av abonnemanget inte kommer vara oproblematiske. Något som är slående är även att ett så stort antal aktörer inom industrin lyfter egen vätgasproduktion i anslutning till produktionsanläggningar som en förutsättning för att bränslet ska kunna användas i den egna produktionen. Om denna utveckling realiseras kommer det alltså innebära att ett flertal "mindre" anläggningar av vätgasproduktion kommer vara spridda runt om i länet samtidigt som större faciliteter som enbart är tänkta att producera vätgas för en eventuell grosshandlarmarknad även kan etableras på sikt.

2.2.2 Produktion av vätgas och elektrobränslen

Utöver att ett flertal industriaktörer överväger egen vätgasproduktion så indikerar även vindkraftsproducenter i länet att det kan komma att bli aktuellt med vätgasproduktion. Inom ramen för intervjustudien så har produktion av vätgas, och till viss del elektrobränslen, varit ett återkommande tema bland ett flertal olika aktörstyper.

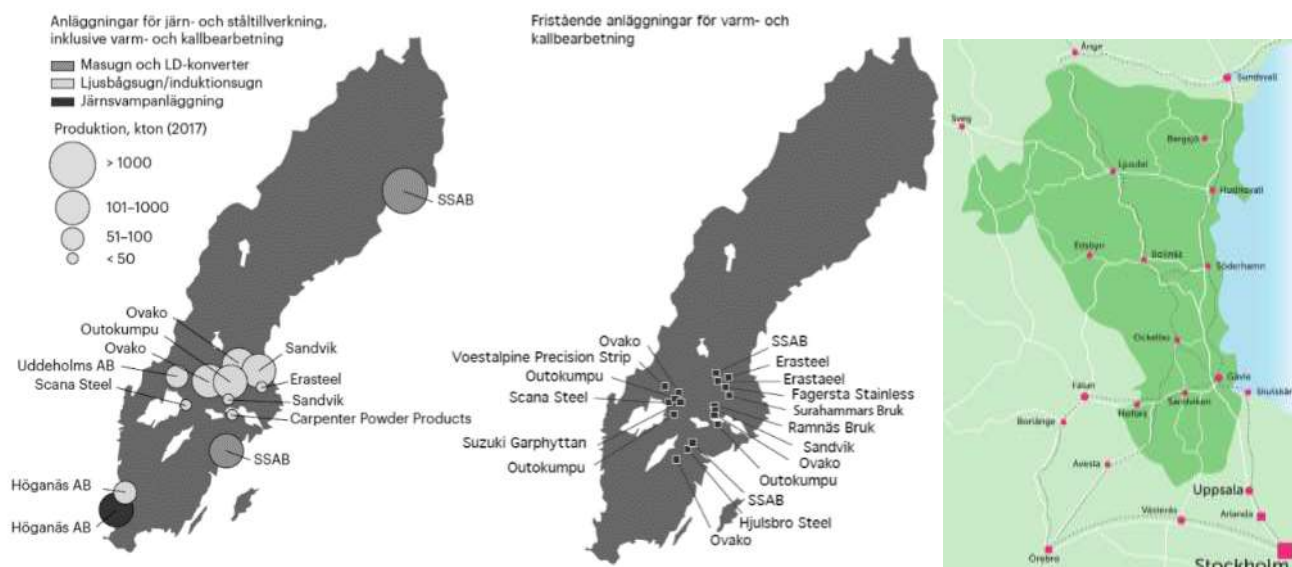
Svea Vind Offshore ser vätgas som en given lösning för framtida havsbaserade vindkraftsanläggningar och anger att det vid Oxelösund såväl som Gävle finns behov av storskaliga elektrolysörer framöver. Flera turbintillverkare, exempelvis Vestas och Siemens, uppges utveckla koncept med turbiner som har individuell vätgasproduktion och denna typ av integrerad lösning tror Svea Vind Offshore kommer bli allt vanligare då det möjliggör fler intäktsströmmar (vätgas per kg alternativt leverans av stödtjänster). En annan stor vindkraftsaktör är WPD-koncernen som har identifierat Sverige som det bästa land i Europa att satsa på vätgas i. WPD ämnar utveckla stora projekt (> 1 GW) i Sverige där en del av denna produktion skulle kunna sammankopplas med någon form av vätgasproduktion.

Gävleborg har flera aktörer som vill vara aktiva inom vätgasindustrin och regionen har i ett relativt tidigt skede engagerat sig i området. Sedan 2016 har regionen haft en vätgasstation för transport i Sandviken och det byggs en ytterligare station i Bollnäs. Ett pan-europeiskt initiativ kopplat till vätgas är S3 Hydrogen Valley där ett 30-tal regioner i Europa är med. Frankrike, Nederländerna och Spanien samordnar initiativet där Gävleborg är den enda svenska regionen som är med i projektet¹³.

Det finns en vision om att skapa ett svenskt "Hydrogen Valley" och enligt Vätgas Sverige, så kan Gävleborg bli en ledstjärna i Sverige inom detta område. Vätgas Sverige menar att vätgassektorn utgör en möjlighet till betydande tillväxt men för att den ska realiseras så krävs mer energi och kapacitet på regional och nationell nivå. Storskalig produktion av vätgas kommer vara viktigt för Sverige men Vätgas Sverige tror att även mindre, mer lokala produktionsanläggningar kommer att spela en roll. Det

¹³ <https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/hydrogen-valleys>

finns dock ett flertal länder i Europa som överväger storskalig produktion av grön vätgas, där bl.a Nederländerna är framträdande, och Vätgas Sverige lyfter att någon form av grosshandlarmarknad för grön vätgas troligtvis kommer att skapas under de kommande åren. Hur marknaden för långväga export av grön vätgas kommer se ut är dock i dagsläget osäkert. Vätgas Sverige tror att mycket av den eventuella produktionen kommer att användas regionalt och nationellt; dels för egenkonsumtion inom industrin, dels för transportnäringen men även som lastbalansering i form av vätgaslager för elnätet. Vätgas Sverige nämner även att vätgas bör ses som en energibäare, inte bara som ett nytt bränsle. Det är därför viktigt att man ser på en investering i en elektrolysör från flera perspektiv; dels för intern användning inom företaget, men även som en intäktskälla med en bredare systemnytta, där försäljning av vätgas till andra aktörer eller deltagande i lastbalansering för elnätet nämns som exempel.



Figur 28: Mid Sweden Hydrogen Valley och kopplingen till aktiviteterna i Gävleborg, Gävle-Dala

Regionala kluster motsvarande de som i EU:s strategi benämns som "Hydrogen Valleys" lyfts även fram i regeringsinitiativet Fossilfritt Sveriges vätgasstrategi som ett sätt att accelerera utvecklingen och utbyggnaden av vätgas¹⁴. De regionala klustren kan skapa skalfördelar, möjliggör plattformar för tvärssektoriella samarbeten och handel och kan koppla samman befintliga och nya industrier med regionala vätgasnät eller och gemensamma vätgaslager. I strategin lyfts Gävleborg-Dalarna som ett exempel på potentiella vätgaskluster i Sverige. I regionen har man redan etablerat ett vätgasråd för ökad samordning mellan näringsliv, akademi och offentliga organisationer, och utvecklingen stärks av Gävle hamn, där ett intresse för fossilfria transporter finns både inom såväl som till och från hamnen kan stärka klustersatsningen.

2.2.3 Datacenter

Det har funnits ett stort intresse från ett flertal företag att etablera olika storlekar av datacenter i regionen, men det projekt som har kommit längst och är störst i omfattning är Microsofts etablering i Gävle och Sandviken. Microsoft avböjde en inbjudan att delta i en intervju. Däremot beskriver Invest in Gävleborg, som arbetar med att attrahera investeringar och företag till regionen, att det grovt sett finns tre olika typer av datacenter. Det finns mindre etableringar (<5 MW) som placeras i närheten av en stadskärna, något som dock inte sägs vara aktuellt i Gävleborg. Sedan finns det något större etableringar (5–20 MW), så kallade *colocation centres (colos)* där flera företag tillsammans delar på ett enskilt datacenter. Slutligen finns den största typen av datacenter, så kallade *hyperscale data centres* som ägs och driftas av företag som tillhandahåller serverkapacitet, så som Microsoft, Google och Amazon. Denna typ av datacenter har i regel ett effektuttag som överstiger 100 MW, och det är denna typ av etablering som Microsoft nu etablerar i Gävle och Sandviken.

¹⁴ Fossilfritt Sverige, 2021, Strategi för fossilfri konkurrenskraft - Vätgas

Då sekretessen kring denna typ av projekt och aktör är mycket hög har Microsoft inte velat kommunicera projektets omfattning gällande effekt eller energi. Sweco antar dock att när hela projektet är färdigställt kommer det kräva cirka 300 MW, vilket är i samma storleksordning som Northvolts fabrik i Skellefteå. Den uppskattade energianvändningen som detta tillskott skulle innebära är i storleksordningen 2000 GWh. Microsofts uppges även globalt överväga vätgas som bränsle för reservkraftsgeneratorer, för att ersätta den nuvarande standarden med diesellaggregat. Efter att Microsofts datacenter är i drift i Gävle och Sandviken kommer det enligt Invest Gävleborg finnas ett ökat intresse för colos att etablera sig i närheten av Microsoft, då närheten till dem innebär kortare fördröjning och snabbare svarstider för dessa mindre datacenter.

Sverige har en väl utvecklad IT-infrastruktur med ett omfattande fibernät vilket gör Sverige attraktivt för etableringar av datacenter. I det globala rankingsindexet Arcadis Data Center Location Index rankas Sverige som etta i Europa och fyra i världen för lokalisering av datacenter. Anledningen är framförallt snabb uppkoppling och god energisäkerhet. Utöver detta uppges låga energipriser, en hög andel förnybar energi, pålitlig infrastruktur och tillgången till den Europeiska marknaden som bidragande faktorer till att Sverige har utmärkta förutsättningar för datahallar.

Node Pole och The Power Region har i samarbete med nätägare bedömt som möjliga lokaliseringar för etablering av nya datacenter eller elintensiv industri i Sverige. Lämpliga platser med störst kapacitet finns främst i de norra delarna i Sverige. Det finns redan idag ett flertal stora etableringar i Sverige och majoriteten av de datacenter som är under byggnation är i elområde SE1 och SE2. Svk har fått ansökningar på flera tusen megawatt från datacenter som vill ansluta mot transmissionsnätet. Mängden ansökningar är dock inte ett helt representativt mått på hur många som kommer att byggas. Betydligt fler ansökningar kommer in till Svk kopplat till inmatning och utmatning än vad som faktiskt kopplas in på nätet.

Även om Sverige har goda förutsättningar för etableringar av datahallar beskriver Invest Gävleborg en problematik med att tillståndsprocesserna tar väldigt lång tid och att de inte är transparenta nog. Dessa aspekter utgör hinder för att ytterligare storskaliga aktörer ska kunna etablera sig då dessa aktörer ofta har väldigt korta önskade tidshorisonter. Gamla nedlagda industriområden, också känt som "brownfield"-projekt, uppges vara attraktiva för nyetableringar av elintensiv industri så som datahallar då de flesta miljötillstånd och nätinfrastrukturen redan finns på plats, jämfört med oexploaterade områden som också är kända som "greenfield"-projekt där alla tillstånd och dylikt måste göras från grunden.

2.2.4 Transporter

Transportsektorn står idag för en mycket liten del av den totala elanvändningen, men för att nå våra energi- och klimatmål så behöver andelen fordon som drivs med el eller andra fossilfria bränslen öka drastiskt. Om större delen av transportsektorn elektrifieras kan Sveriges elanvändning på sikt komma att öka med 15–30 TWh, vilket motsvarar 10–20 procent av dagens elanvändning. Även på kort sikt kan elanvändningen i transportsektorn öka betydligt om försäljningen av elbilar fortsätter att öka.

En elektrifiering av transportsektorn kan komma att få en ännu större påverkan på det framtida effektbehovet, beroende på hur stor del av fordonen som är laddningsbara och hur laddningen av fordonen fördelar sig över dygnet. Om alla privatpersoner laddar sina elbilar sent på eftermiddagen när de kommer hem från jobbet blir topparna i elanvändningen höga. Tillkommande effektbehov är i hög grad styrt av hur elfordon och i första hand personbilsflottan laddas, vilket innebär att antaganden om framtida laddningsmönster får stor påverkan.

Laddning av elfordon kan även innebära lokala ansträngningar för elsystemet på grund av höga laddeffekter. Ju snabbare laddningen sker och ju större fordonens batterier är desto högre är effektuttaget, och desto större blir påverkan på elsystemet. Tabellen nedan visar typiska laddeffekter för ett urval av elfordon. Laddning av tyngre fordon som bussar och lastbilar kan innebära laddeffekter uppemot 1 MW, vilket lokalt kan skapa problem i områden där elnätet inte är väl utbyggt. På samma sätt medför landström och laddning av fartyg enskilt höga effektbehov som kan skapa lokala problem.

Tabell 2: Exempel på laddeffekter för olika fordonsslag och laddtyper

	Laddeffekt
Personbil normalladdning	Allt under 22 kW 3,6 kW vanligt i en villa
Personbil snabbaddning	Allt över 22 kW Typiskt 50 – 100 kW
Buss depåaddning (per buss)	50–150 kW
Buss snabbaddning (per buss)	300–650 kW
Tyngre lastbil snabbaddning (pantograf)	300–1 000 kW ¹⁵
Tyngre lastbil snabbaddning (elväg)	Upp till 200 kW
Landström container- och bulklastfartyg	1–2,5 MW
Landström kryssningsfartyg	15 MW
Snabbaddning större bilfärja	14 MW

Personbilar

Personbilsflottan bedöms komma att elektrifieras snabbare än de tunga transportererna och det är personbilar som i framtiden väntas utgöra den största delen av transportsektorns elanvändning. Det finns redan idag personbilsmodeller som är konkurrenskraftiga och majoriteten av alla större bilföretag erbjuder ett växande antal elbilar och elhybrider på marknaden. För tillfället finns det omkring 170 000 laddbara fordon i Sverige, vilket motsvarar omkring 3 % av fordonssflottan. De laddbara fordonen har dock ökat snabbt under de senaste åren och trenden ser ut att fortsätta även i framtiden. 2020 utgjorde laddbara fordon 31 % av nybilsförsäljningen i Sverige varav 9 % utgjordes av elbilar, en ökning från 11 % respektive 4 % 2019. Motsvarande andelar i Gävleborg var 2020 19 % respektive 8 %.

Det mesta talar idag för att omställningen av fordonssflottan kommer att ske genom en övergång till laddbara fordon, och frågan är snarare hur snabbt omställningen kommer att ske. Enligt branschens intresseorganisation Power Circles elbilsprognos ökar antalet laddbara personbilar till 2,5 miljoner 2030. Tabellen nedan visar utvecklingen till 2030 inom Gävleborg. Antalet laddbara bilar och dess elanvändning har beräknats utifrån genomsnittlig livslängd och körsträcka inom regionen och antagandet att antalet personbilar per invånare förblir oförändrat. I beräkningen antas laddbara fordons andel av nybilsförsäljningen i varje kommun följa Power Circles prognos, men hastigheten på utvecklingen varierar eftersom fordonens genomsnittliga livslängd varierar mellan kommunerna.

Tabell 3: Prognos för antalet elbilar och laddhybrider samt elanvändning i Gävleborg

Kommun	Antal elbilar 2030	Antal laddhybrider 2030	Elanvändning 2030 (GWh)
Ockelbo	372	168	1
Hofors	675	312	2
Ovanåker	754	355	2
Nordanstig	539	257	1

¹⁵ Effekter i nuläge redovisas, högre effekter kan tillkomma i framtiden. Kommande standarder skulle kunna möjliggöra upp till 3 MW laddeffekter

Ljusdal	3 079	1 390	7
Gävle	20 610	9 544	49
Sandviken	5 931	2 708	14
Söderhamn	2 354	1 120	6
Bollnäs	4 095	1 856	10
Hudiksvall	6 168	2 936	15
Gävleborg	44 577	20 645	106

Tunga transporter

Elektrifiering av tyngre fordon innebär en större utmaning eftersom energibehovet är större. Tunga lastbilar definieras som lastbilar som väger mer än 3,5 ton, och utgörs av ett brett spektrum av lastbilar som används för stadsdistribution, regionala transporter och fjärrtransport. De flesta lastbilstransporter sker på sträckor under 30 mil, och 50 % av alla lastbilstransporter körs kortare sträckor än 25 km. Det är dock längre sträckor (de som överstiger 30 mil) där 40 % av lastbilars transportarbete sker. Detta innebär att det finns god potential att öka antalet kilometer på el då de flesta körsträckor är korta, men att detta inte kommer att medföra motsvarande besparing i bränsle givet transportarbetet. I Gävleborg sker omkring 65 % av transportarbetet inom regionen, medan cirka 90 % sker inom regionen och angränsade län.

Gävleborg och Dalarna har under våren 2021 presenterat ett av sexton regionala elektrifieringslöften i syfte att elektrifiera regionala godstransporter som utförs med lastbil¹⁶. Elektrifieringslöftet har undertecknats av regionen, länsstyrelsen och företag i regionen och innebär att undertecknande aktörer avser att samverka målmedvetet för att ställa om godstransportsystemet i Dalarna och Gävleborg till eldrift, samt har för avsikt att ansöka om en elektrifieringspilot med fokus på elektrifiering av godstransporter med vätgas och batterier. I löftet lyfter undertecknade synergier mellan den planerade elektrifieringen av industrin och elektrifiering av godstransporter och sammanlänkning bör etableras mellan noder och nav i emissionsfria godskorridorer i Dalarna och Gävleborg, där ett leveranssäkert elnät ses som en grundförutsättning för att elektrifieringen ska komma till. För lastbilar som används i regionala transporter upp till cirka 30–40 mil väntas elektrifiering med batteri, tillsammans med biodrivmedel, bli den centrala tekniken för en omställning till fossilfria transporter¹⁷. Flera tillverkare har redan batteridrivna fordon på gång eller under produktion, och enligt branschen räknar man med att det inom några år finns fordon med en räckvidd uppåt 30 mil och kapacitet uppemot 50 ton, vilket skulle möjliggöra för batteridrift av en stor andel av de regionala transportererna och även en del av fjärrtransporterna¹⁸. De största utmaningarna är att etablera nödvändig laddinfrastruktur och komma ner till jämförbar produktivitet och kostnad.

Elektrifiering av lastbilar som färdas längre sträckor är mer utmanande och ligger längre fram i tiden, och det finns idag flera alternativa lösningar för hur en elektrifiering kan gå till. I branschens färdplan för tunga fordon lyfts tre tänkbare lösningar på hur långväga transporter på sikt kan ställas om till elektriska fordon:

- **Utbyggnad av snabb laddinfrastruktur.** En möjlig utveckling är att bygga ut snabb laddinfrastruktur längs med huvudnätverket där fordonen laddas med effekter över 500 kW för att möjliggöra kör- och vilotidsbaserad laddning. Detta skulle innebära en förlängning på den utveckling som sker nu, med batteridrift som den centrala tekniken för elektrifiering. En utveckling mot snabb laddinfrastruktur ställer höga krav på batterikapacitet och laddeffekt samt

¹⁶ Infrastrukturdepartementet, Regeringskansliet, 2021, Elektrifieringslöften (I2021.02)

¹⁷ Fossilfritt Sverige, 2021, Strategi för fossilfri konkurrenskraft - Vätgas

¹⁸ Fossilfritt Sverige, 2020, Färdplan för fossilfri konkurrenskraft - Fordonsindustrin - tunga fordon

tillgängligheten på laddstationer. En sådan utveckling kan även innebära stora ansträngningar för elnätet, då simultan laddning av flera lastbilar kan innebära effektbehov om flera megawatt.

- **Elvägar med kontinuerlig laddning.** Elvägar, med kontinuerlig laddning från väg eller luftstolpe, möjliggör långväga transporter med mindre batterikapacitet och minskar uppehållstider och belastningen på elnätet. Elvägar kräver dock stora investeringar samt anpassningar till lagstiftning och regelverk, och lämpar sig först och främst för högt trafikerade stråk med en stor mängd långväga trafik, som triangeln Stockholm-Göteborg-Malmö. Region Gävleborg genomförde under 2013-2020 världens första pilotprojekt där elväg testades på allmän väg¹⁹.
- **Vätgas.** En annan möjlig utveckling är användning av vätgas i bränslecellselektriska lastbilar, där vätgasen framställs från elektricitet genom elektrolys. Vätgas möjliggör snabb tankning och ger en längre räckvidd jämfört med batteridrivna fordon, vilket minskar behovet av tankstationer. Dessutom behöver elnäten inte byggas ut till stationerna, utan vätgasen kan produceras centralt och transporteras till tankstationerna på samma sätt som man idag transporterar bensin eller diesel. Den stora nackdelen med vätgas är att kedjan från el till vätgas tillbaka till el ger en låg systemverkningsgrad. Ecosystemmässigt är fordon drivna av vätgas därför betydligt mindre effektiva än batterifordon, och elanvändningen hos de bränslecellselektriska fordonen är typiskt 3 gånger högre jämfört med batterifordon.

Bussar

Kollektivtrafikens ambitiösa mål om 90 procent förnybara drivmedel inom bussflottan år 2020 har inneburit att sektorn har haft en snabb omställning sedan 2008. Nu körs de flesta bussflottor i Sverige med flytande biodrivmedel och i viss utsträckning med biogas. I Gävleborg bedrivs kollektivtrafiken av Region Gävleborg under varumärket X-trafik. X-trafik är sedan flera år fossilfria i utförandet av kollektivtrafiken. HVO och biogas utgör idag den huvudsakliga basen för regiontrafikens bussar, men organisationen arbetar ständigt med förbättringar och innovationsutveckling och som ett led i detta arbete har man bland annat undersökt möjligheterna att i en större utsträckning driva busstrafiken med vätgas²⁰. Från slutet av 2021 kommer X-trafik att prova vätgasbussar i kollektivtrafiken. Tekniken kommer att provas med två bussar i Sandviken och bussarna blir de första vätgasdrivna bussarna i Sverige att gå i ordinarie linjetrafik.

Liksom för tunga lastbilar finns det flera olika alternativ för hur en eventuell elektrifiering kan gå till och en elektrifiering kan ske antingen genom batteridrift eller användning av vätgas. För stadsbussar är det lättare att planera laddtillfällen och installera den infrastruktur som behövs, vilket gör batteridrift till ett mer attraktivt alternativ.

Gävle hamn

Elektrifiering av sjöfart kan delas in i elanvändning som sker när fartyg ligger i hamn, även kallat landström, respektive el som används för framdrift. På nationell nivå antas den framtida elanvändningen inom sjöfart vara relativt liten, men på lokal och regional nivå kan landström och laddning av batterier komma att innebära höga effekter.

Gävle Hamn är bland de 10 största hamnarna i Sverige med ett 40-tal aktörer aktiva inom hamnen som hanterar 6 miljoner ton trafik per år. Gävle hamn har stor betydelse för regionen eftersom den mellansvenska industrin hanterar stora import- och exportvolymerna. Hamnens tillväxt har historiskt varit relativt linjär men i en intervju som Sweco genomfört med Gävle hamn uppges att elektrifiering och tillgång till landström framöver kommer leda till en trappstegsutveckling där effektbehovet förväntas öka från drygt 6 MW idag till 28 MW 2030.

Elanvändningen i hamnen består i dagsläget främst av verksamhetsel till lokaler och mindre processer. De mest effektkrävande aktiviteterna utgörs av kranar och el till hamnens 150 000 kvadratmeters magasinlager. Under de senaste åren har Gävle hamn börjat arbeta med att minska hamnen och fartygens miljöpåverkan, där en viktig pusselbit är att erbjuda landström. Under 2018–2019 genomfördes ett fördjupningsprojekt rörande förutsättningarna för att kunna erbjuda landström

¹⁹ Region Gävleborg, 2021, *Världens första elväg på E16*, [https://www.regiongavleborg.se/regional-utveckling/samhallsplanering-och-infrastruktur/elvag/\[2021-07-01\]](https://www.regiongavleborg.se/regional-utveckling/samhallsplanering-och-infrastruktur/elvag/[2021-07-01])

²⁰ WSP, 2020, *Tillkommande förnyelsebar fordonsenergi i Gävleborg*

med målet att 2022 kunna ansluta det första fartyget. Förutom landström planerar hamnen att etablera laddinfrastruktur för hamntransporter och ställa om flera kranar från att drivas på diesel till el. På längre sikt har man även inlett ett samarbete med Gävle Energi och Statkraft för att utreda förutsättningarna för att etablera en anläggning för produktion av vätgas. Vätgasen ska delvis kunna nyttjas vid behov eller distribueras till externa köpare.

Gävle Hamn har nyligen utfört ett samarbete med KTH gällande framtida elanvändning och effektbehov²¹, där man modellerat framtida lastmönster från de nya aktiviteter som planeras inom hamnområdet. I KTHs modeller ökar elanvändningen från 50 GWh 2020 till 150 GWh 2025 och 240 GWh 2030, och effektbehovet ökar från drygt 6 MW till 18 MW 2025 och 28 MW 2030. I beräkningarna antas effektbehovet från vätgasproduktion uppgå till 3 MW 2025 och 10 MW 2030.

2.2.5 Scenarier för Gävleborgs framtida elanvändning och effektbehov

För att beskriva påverkan på Gävleborgs elanvändning och effektbehov tas scenarier fram för den framtida utvecklingen, med fokus på konkreta projekt och långsiktiga planer från intervjuer med lokala aktörer samt en uppskattning av tillkommande elanvändning från elektrifiering av transporter. Scenarierna är inga prognoser, utan syftar till att ge en bild över hur elektrifiering av industri och transporter samt nyetableringar av elintensiva verksamheter som datacenter och produktion av vätgas påverkar regionens elanvändning och effektbehov.

Den långsiktiga utvecklingen är förknippad med stora osäkerheter och beror på en mängd faktorer, inte minst tillgången till kapacitet för att möjliggöra för industrisatsningar och attrahera nya aktörer till regionen, vilket i sin tur betyder att både infrastrukturen och kompetensen måste finnas på plats eller kunna byggas upp under kort tid. För att illustrera spannet av olika utvecklingsvägar tas två scenarier fram: ett som fokuserar på de konkreta projekt som finns idag och ett som även tar hänsyn till mer långsiktiga planer och ambitioner. Antaganden i scenarierna sammanfattas i tabellen nedan.

Tabell 4: Sammanfattning av antaganden i scenarierna Konkreta projekt och Ökade ambitioner

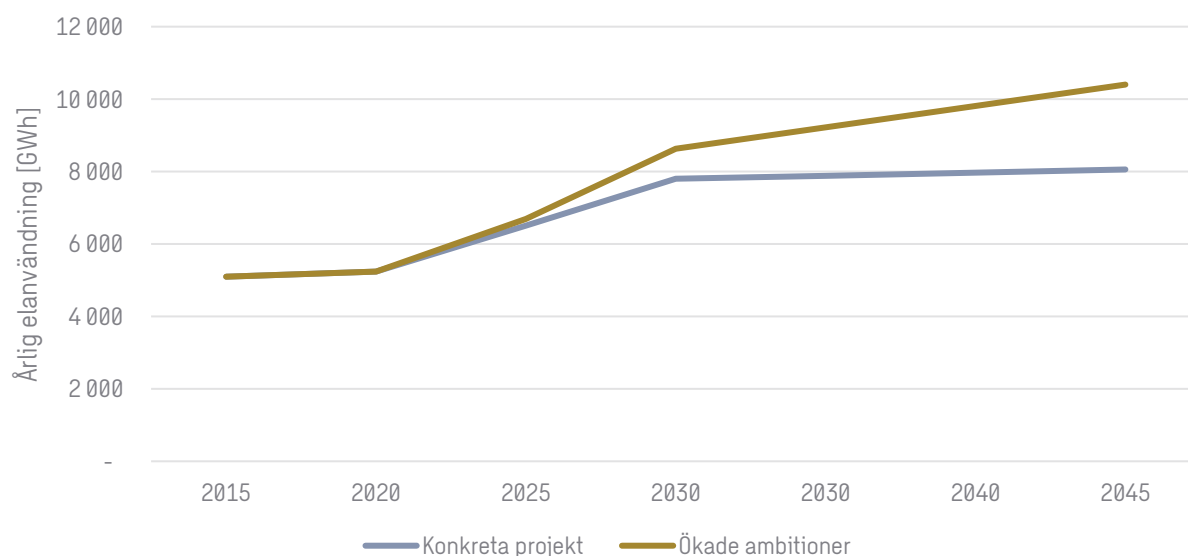
	Konkreta projekt	Ökade ambitioner
Industri	Konkreta projekt från intervjuer	Konkreta projekt och långsiktiga planer från intervjuer
Produktion av vätgas	Konkreta projekt från intervjuer	Konkreta projekt och långsiktiga planer från intervjuer. Produktion för att möta regionalt behov: 5 % av långväga tunga transporter (över 30 mil) trafikeras med vätgas 2030, 100% 2045
Datacenter	Konkreta projekt från intervjuer	Konkreta projekt och långsiktiga planer från intervjuer Etablering av nya mindre datacenter (colocation) driven av närhet till Microsoft: 5-6 nya datacenter under 2020-2030, 5-6 nya under 2030-2045
Elektrifiering av transporter	Något långsammare omställning av personbilsflottan jämfört med Power Circles långsiktsprogno	Andel laddbara fordon av personbilsförsäljningen följer Power Circles senaste långsiktsprogno Elektrifiering av lätta lastbilar följer samma trend som personbilar men med viss eftersläpning

²¹ Alikhani & Tjernberg, 2021, Load Management in Port of Gävle

<p>Elektrifiering av lätta lastbilar följer samma trend som personbilar men med viss eftersläpning</p> <p>15 % av tunga transporter under 30 mil trafikeras med laddbara fordon 2030, 50 % 2045</p> <p>Gävle hamns planer på elektrifiering och utbyggnad av landström</p>	<p>25 % av tunga transporter under 30 mil trafikeras med laddbara fordon 2030, 100 % 2045</p> <p>Gävle hamns planer på elektrifiering och utbyggnad av landström</p>
--	--

Scenarierna fokuserar på elektrifiering av befintlig industri och transporter och nya etableringar av elintensiva verksamheter, och i scenariot antas övrig elanvändning från bostäder- och servicesektorn och mindre industrier vara konstant. Elanvändningen inom bostads- och servicesektorn har legat relativt stabil sedan en lång tid tillbaka och, till skillnad från industri- och transportsektorn, ser man ingenting som drastiskt kommer förändra detta framöver. I nationella scenarier ligger elanvändningen inom sektorn kvar på omkring samma nivå som idag eller minskar något, trots ökat bostadsbyggande. Förenklat sett vägs en ökad elanvändning från en växande befolkning och ökad användning av hushållsel och driftsel upp av energieffektivisering, varmare klimat och konverteringar från direktvärmade el till andra uppvärmningssätt. Även om antalet värmepumpar växer kraftigt har undersökningar visat att dessa idag primärt ersätter äldre värmepumpar eller direktverkande el/elpannor, vilket innebär att denna trend bidrar till en minskande snarare än ökande elanvändning. Denna bild märks även av i intervjuer med lokala aktörer där samtliga aktörstyper uppger att det generellt finns goda möjligheter till att möta behovet från en normal samhällsutveckling, men att utmaningar finns när det kommer till att ansluta större laster. Även om ny bebyggelse av bostäder och etableringar av köpcenter m.m. kan innebära utmaningar lokalt och på kort sikt, är det därför inget som tagits med i de långsiktiga scenarierna.

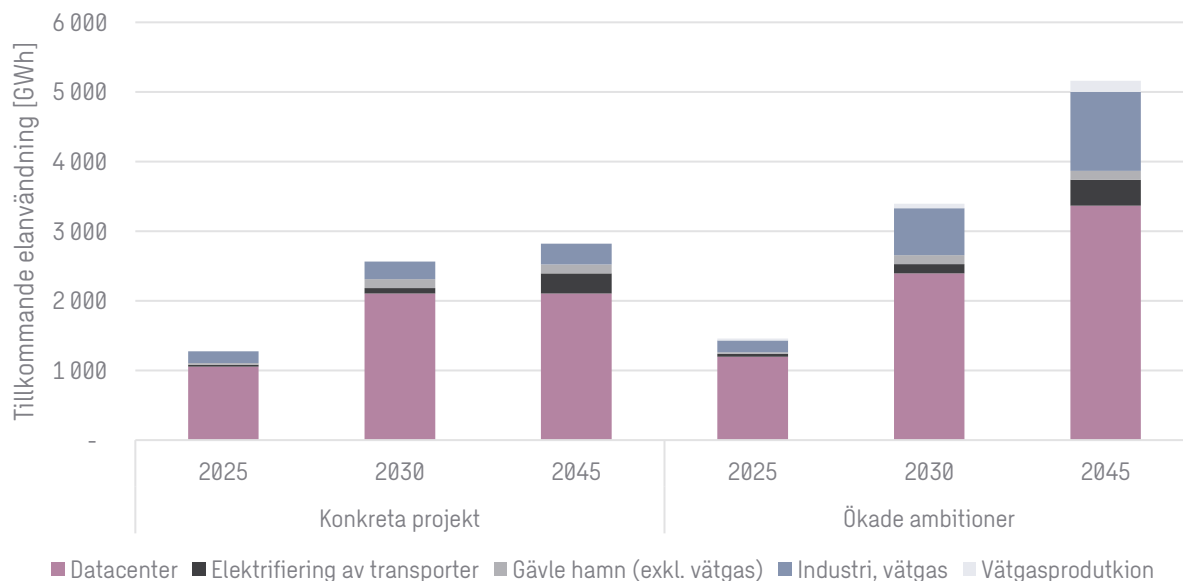
Elanvändningens utveckling visas i Figur 29. I båda scenarierna sker en kraftig ökning av elanvändningen, varav en stor del tillkommer under de kommande 5–10 åren. Elanvändningen ökar med 25 % till 2025, 50–65 % 2030 och 50–100 % 2045. Eftersom scenarierna i stor utsträckning baseras på existerande planer från intervjuer med regionala aktörer är det naturligt att utvecklingen sker i en långsammare takt längre fram i tiden. Även på sikt kan det dock finnas möjligheter att attrahera nya elintensiva verksamheter som kraftigt påverkar elanvändningen. Bland annat arbetar man i regionen för närvarande med ett initiativ för storskalig produktion och distribution av vätgas i Mellansverige och i flera av intervjuerna lyfter aktörer fram ambitioner om framtida produktion av vätgas och elektrobränslen. Många av planerna är dock i ett väldigt tidigt skede och osäkerheterna är stora eftersom det framtida behovet inte är kartlagt.



Figur 29: Scenarier för Gävleborgs elanvändning

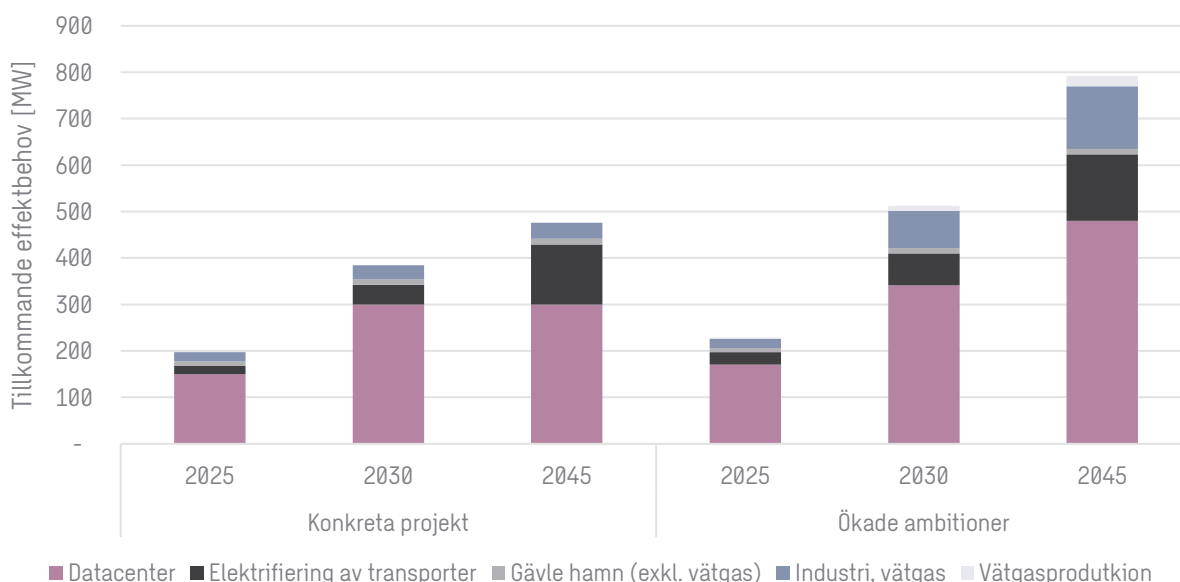
Figur 30 visar tillkommande elanvändning uppdelat i olika användarkategorier. Scenarierna skiljer sig framförallt på längre sikt och beror främst på utveckling inom industri och datacenter. Datacenter eller liknande etablering utgör i båda scenarierna merparten av den tillkommande elanvändningen. Elanvändningen från datacenter utgörs på kort sikt huvudsakligen av

Microsofts etablering i Gävle och Sandviken, som när det står färdigt uppskattas ha en förbrukning på över 2000 GWh. Enligt Invest Gävleborg är intresset för nya etableringar dock stort, och utbyggnaden begränsas idag främst av möjligheterna att ansluta till elnätet.



Figur 30: Tillkommande elanvändning i scenarier för Gävleborgs elanvändning

Figur 31 visar motsvarande utveckling för effektbehov, det vill säga vilket momentant elbehov i en viss tidpunkt som kan förväntas tillkomma framöver. Effektbehovet ökar med mellan 500–800 MW till 2045 beroende på scenario, vilket kan jämföras med en nuvarande regional topp effekt på drygt 1300 MW. Jämfört med elanvändningen utgörs en större del av tillkommande effektbehov av laddning av elbilar. Tillkommande effektbehov från laddbara fordon beror till stor del av antaganden om framtida laddmönster, som i sin tur beror både på tekniska faktorer som framtida batterikapaciteter och installerade laddeffekter och faktorer kopplade till beteende så som när och var (hemma/arbetsplats/offentligt) bilarna laddas, hur ofta man väljer att ladda bilen och i vilken utsträckning man använder sig av smart laddning. I scenarierna uppskattas effektbehovet från antagandena att 15 % av personbilsflottan laddar samtidigt och att batterierna laddas med en genomsnittlig laddeffekt om 7 kW.



Figur 31: Tillkommande effektbehov i scenarier för Gävleborgs elanvändning

2.3 Möjligheter för framtida elproduktion i Gävleborg

I detta avsnitt belyser vi de framtida och idag kända möjligheterna för elproduktion i Gävleborg som delvis skulle kunna bidra till en förbättrad energibalans i regionen och utöver dess regionala gränser. En jämnare regional energi- och effektbalans är inget absolut måste, men kräver troligtvis mindre nätkapacitet till och från regionen. Samtidigt är det viktigt att inte betrakta Gävleborg isolerat utan åtminstone i det svenska och nordiska men gärna även det europeiska perspektivet, där stora förändringar för vissa kraftslag påverkar hela systemet och dess behov. Det är också viktigt att betrakta de olika kraftslagens olika egenskaper – eller förmågor – för att identifiera utmaningar och möjliga lösningar för kraftsystemet.

2.3.1 Utveckling för olika kraftslag i Sverige

Sveriges kraftproduktion är idag i princip fossilfri, enbart ett fåtal reservkraftverk använder fossila bränslen såsom olja och gas. Då Sveriges kalla klimat ger upphov till ett stort uppvärmningsbehov produceras även en del el med kraftvärme. Den kraftvärmeproduktion som sker i samband med fjärrvärmeproduktion är lokaliserad nära elanvändningen i städer och utspridd över hela landet med tonvikt på södra Sverige. Kraftvärmen, som anses viktig ur ett effekt- och kapacitetsperspektiv, har dock minskat något sedan dess toppår 2010. Bristande lönsamhet har resulterat i att flera producenter drar sig för att göra stora investeringar.

Den svenska vattenkraften har utvecklats under cirka 100 år, där en stor del av dagens anläggningar byggdes på 1950- och 1960-talet. Idag genererar de cirka 2000 kraftverken omkring 66 TWh el per år. Idag ligger fokus främst på underhåll och vidmakthållning av befintliga anläggningar snarare än utbyggnaden av ny vattenkraft. Det finns dock några anläggningar där omfattande ombyggnader är möjliga och produktionsökningar är möjliga, även i Gävleborg. Frågan är dock om dessa åtgärder är lönsamma och därmed kommer genomföras.

Kraftvärmens elproduktion bidrar till att hantera lokala flaskhalsar i elnätet och bidrar nationellt med reglerbar effekt. Det finns idag cirka 3,5 GW installerad eleffekt från kraftvärme i fjärrvärmenäten (Svenska kraftnät, 2019). Det kan vara positivt för elsystemets funktion om elproduktionen från kraftvärme ökar. Dock är fjärrvärmeunderlaget begränsat och det finns också konkurrens från andra värmekällor. Priset på fjärrvärme sätts utifrån priset för alternativa uppvärmningsformer såsom värmepumpar. För att fjärrvärmen ska växa krävs normalt att hela bostadsområden ansluts till fjärrvärmenätet. Om en fastighet är ansluten till ett fjärrvärmenätet är det ovanligt att gå över till en annan uppvärmningsform.

Lönsamheten för ny kraftvärme är begränsad och i flera fall värderar fjärrvärmebolag att enbart producera värme och inte installera en turbin för elproduktion, på grund av relativt låga elpriser. En strävan bör finnas mot den mest samhällsekonomiska användningen av tillgängliga värmekällor som är uthålliga på sikt. De ekonomiska förutsättningarna för elproduktion i kraftvärmeverk är beroende av möjligheterna att sälja värme. Elpriset är också av stor betydelse, där en betalningsvilja hos till exempel elnätsföretagen för flexibilitet och kapacitet skulle kunna leda till ökad elproduktion med biobränslen, s.k. biokraft.

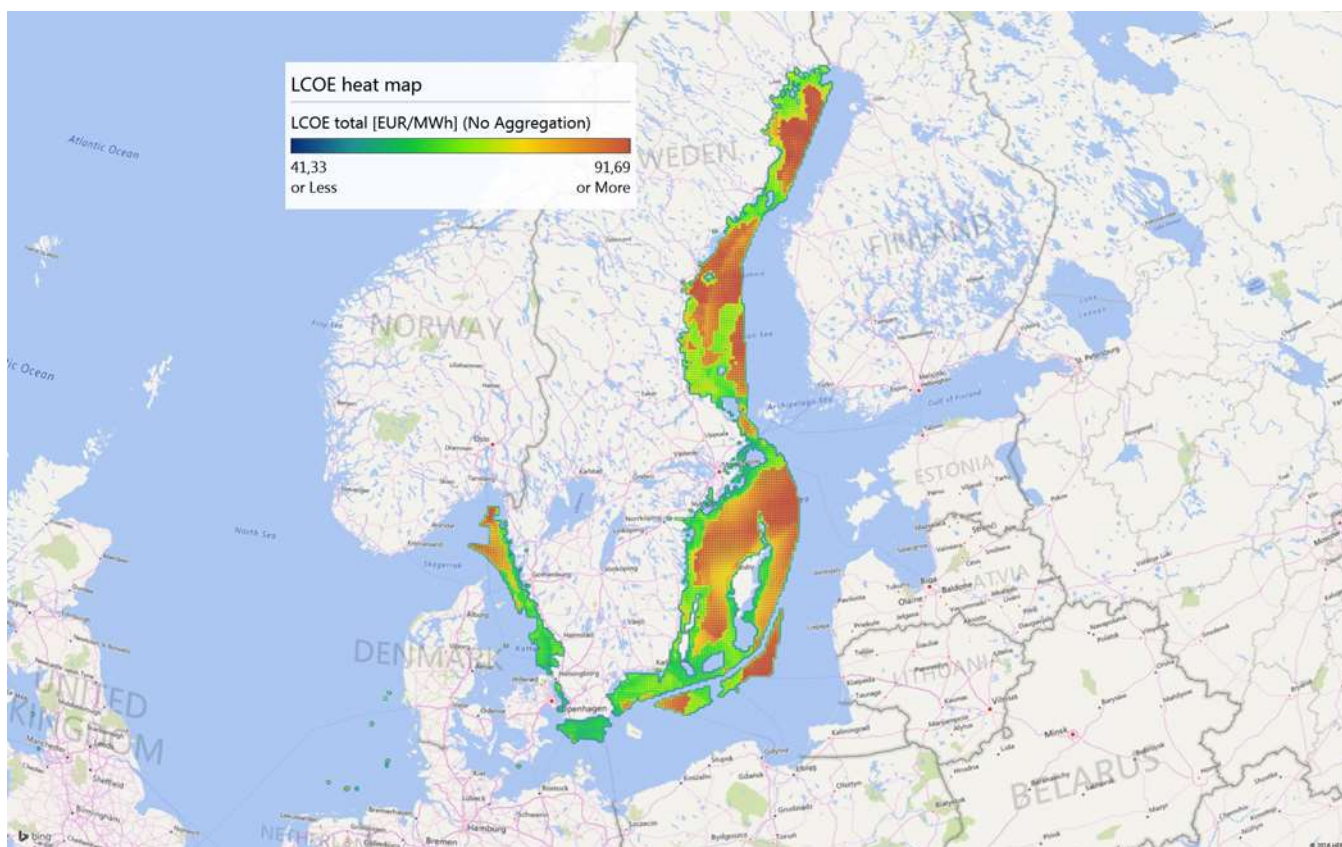
Teknikutveckling inom fjärrvärmeområdet påverkar förutsättningarna på elmarknaden, då ny teknik med lågtempererade system gör att fjärrvärmesystemen kan öppna upp och ta emot spillvärme från affärscentra och datacenter, vilket är positivt ur ett resursutnyttjandeperspektiv men minskar värmeunderlaget för kraftvärmeverk och därmed möjlig elproduktion.

Kärnkraftens framtid påverkas av energipolitiken och vilka säkerhetskrav som ställs på verksamheten. Efter katastrofer som inträffat ställs bland annat striktare säkerhetskrav vilket inneburit stora investeringar för kärnkraftsägarerna, som inte alla är och var lönsamma för svenska reaktorer med en kortare kvarvarande livslängd. Dagens kärnkraftreaktorer kan producera el till cirka år 2040, där de når en livslängd på runt 60 år och därefter behövs större investeringar för att livtid förlänga dem med ytterligare 15 till 20 år.

I Sverige har det politiskt sett funnits en vilja att driva på utbyggnaden av förnybar el. Sedan 2003 finns elcertifikatssystemet och under 2016 antogs ett energipolitiskt mål om 100 procent förnybar elproduktion år 2040, även om det inte betyder ett stoppdatum för kärnkraft. Vindkraftens andel kommer att öka under de årtionden, samtidigt som kärnkraftens andel minskar, vilket är en följd av planerade vindkraftsprojekt och dess låga produktionskostnader samt beslut om nedstängning av flera kärnkraftsreaktorer. Det kan antas att den svenska kärnkraften vid någon tidpunkt kommer att stängas ner helt, men även om kärnkraftens livstid förlängs kommer behovet av ny förnybar produktion att öka ytterligare då elanvändningen i Sverige förväntas öka.

Vindkraft, och då främst den landbaserade, förväntas öka mest även i framtiden. Landbaserad vindkraft är idag det kraftslag som är billigast att bygga ut. Kostnadsutvecklingen för landbaserad vindkraft har varit snabbt sjunkande de senaste 15 åren som ett resultat av investerings- eller driftstöd i många europeiska länder som har drivit ner investeringskostnaden per installerad MW och bestäms i hög grad av teknikutvecklingen (större turbiner med högre navhöjd och större rotordiameter samt aerodynamiska förbättringar), effektivare volymproduktion av vindkraftverken hos tillverkarna, lokala/regionala begränsningar i totalhöjd, priset på stål, huruvida reinvesteringar görs som repowering och vilka repowering-koncept som kommer användas, om eventuella ytterligare krav ställs på vindkraften på sikt, dvs krav om viss mängd av energilager tillhörande parken eller liknande och avkastningskrav, teknisk livslängd och antaganden om ekonomisk livslängd.

Sweco's bedömning är att teknikutvecklingen inom landbaserad vindkraft och trenden mot fallande investeringskostnader per MW kommer att fortsätta, så att vi kan förvänta oss att se tip height på 300 m eller högre och state-of-the-art-turbin på 13 MW med 230 m rotor runt 2040.



Figur 32: Kostnadspotential för havsbaserad vindkraft i Sverige²²

Förutsättningar för havsbaserad vindkraft i både Östersjön som helhet, den svenska delen av Östersjön och utanför Gävleborg är bra. Det finns bra vindförhållanden, låga våghöjder, i det närmaste obefintligt tidvatten och låg salthalt som är fördelaktigt ur ett korrosions- och underhållsperspektiv. Produktionskostnaderna för havsbaserad vindkraft är fördelaktiga i en del av de kustnära områden i Sverige, se de grönmarkerade områden med runt 50-60 EUR/MWh i Figur 32, inklusive ett större område utanför Gävleborg. Dock finns det inget specifikt stödsystem och inget som är planerat, utan endast planer om slopade anslutningskostnader²³ för att sänka investeringsbehovet. Planerna för havsbaserade elproduktionsområden (6 stycken) visar vid en överslagsberäkning på att ca. 110 TWh el per år skulle kunna produceras där.

Även produktionskostnaden för solkraft väntas fortsätta sjunka kraftigt, vilket väntas driva investeringar, både inom småskaliga solkraftinstallationer på taket men även som större solcellsparker främst i södra Sverige.

2.3.2 Produktionsslagets förmågor skiljer sig åt och behöver tas hänsyn till

Kraftsystemets leveranssäkerhet är essentiellt även om den oftast tas för given och handlar om ett samspel mellan produktionsanläggningar, överförings- och distributionssystem och förbrukningsanläggningar. Systemets driftsäkerhet är beroende av att olika förmågor – exempelvis robusthet, observerbarhet och styrbarhet – finns till förfogande i systemet. Historiskt sett har dessa primärt funnits hos produktionsanläggningar och som utrustning i överföringssystem, men de finns även hos förbrukningsanläggningar och kommer kanske i större utsträckning återfinnas där framöver. Tillräckligheten vad

²² Sweco (2017): *Havsbaserad vindkraft – potential och kostnader, en rapport till Energimyndigheten*, <https://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornbart/framjande-av-vindkraft/underlagsrapport-sweco---havsbaserad-vindkraft---potential-och-kostnader.pdf>

²³ Regeringens förslag har varit ute på remiss till den 3. maj

gäller elenergi utgörs också av samspelet mellan produktionsanläggningar och kraftsystemets överföringskapacitet, men påverkas även av förmågor i förbrukningsanläggningar som avgör det totala elbehovet i kraftsystemet.

Produktionsslagens förmågor skiljer sig åt på grund av energiresursernas underliggande egenskaper (tex väderberoende och primär energikälla), produktionsanläggningens grundläggande fysiska utformning (exempelvis rörelseenergi och elektromagnetisk koppling till nätet), samt möjligheter till styrning av anläggningen. En specifik energiresurs kan alltså ge olika förmågor beroende på hur produktionsanläggningen utformas. I Tabell 5 nedan sammanfattas typiska egenskaper för några produktionsslag.

Vattenkraft, vindkraft, kärnkraft och kraftvärmeverk producerar alla el genom att rörelseenergi, från olika sorters turbiner, omvandlas till elektrisk energi. Detta sker i en generator då rörelseenergin snurrar en magnet inuti en spole. Magnetens rotation varierar det magnetiska flödet genom spolen vilket sätter elektroner i rörelse och därmed blir elektricitet.

Vad har dessa egenskaper för möjliga värden i ett kraftsystem? En bakomliggande energiresurs innebär att produktionsanläggningen kan vara uthållig i den förmåga som levereras och att den kan leverera relativt oberoende av det aktuella vädret (blåsig, soligt). Energiresursens egenskaper är också mycket viktiga för tillräckligheten (adequacy) i olika tidsperspektiv vad gäller tillgång till elenergi. Rotationsenergi i själva anläggningen innebär en sorts buffert i energiomvandlingen där den primära energikällan omvandlas till rörelseenergi i anläggningen innan den omvandlas till elektrisk energi. Det innebär att mer effekt tillfälligt kan tas ut ur anläggningen utan att mer effekt tillförs. Direktkopplade synkrongeneratorer har en inneboende elektromekanisk koppling mellan turbinen och elsystemet i övrigt vilket innebär att deras rotationsenergi är direkt proportionell mot elsystemets elektriska frekvens. Tillsammans med rotationsenergin ger den här egenskapen en stabilitet och styrka i systemet vad gäller frekvens, spänning och kortslutningseffekt.

Tabell 5: Produktionslagens förmågor

	Planerbar	Lagrad primär energiresurs	Rotationsenergi	Synkron elektromekanisk koppling
Vattenkraft	Ja	Ja	Ja	Ja
Vindkraft	Nej	Nej	Ja	Nej
Kraftvärme	Ja	Ja	Ja	Ja
Kärnkraft	Ja	Ja	Ja	Ja
Solkraft	Nej	Nej	Nej	Nej

Utöver de grundläggande egenskaperna som nämns ovan kan också produktionsanläggningar utformas och styras för att på olika sätt bidra till kraftsystemet med stabilitet, frekvensreglering, spänningsreglering, balansering och andra tjänster eller förmågor som systemet kan behöva. Tillräckliga förmågor hos produktionsanläggningarna säkerställs genom regelverk som ställer relevanta krav. Nya och ombyggda produktionsanläggningar omfattas av krav i EU-förordningen om anslutningar av generatorer, RfG (av Requirements for Generators)²⁴ och den nationella föreskriften EIFS2018:2. Dessförinnan gällde den nationella föreskriften SvKFS2005:2. Det nya regelverket ställer krav utifrån storlek (MW) och anslutningsspänning, samt om anläggningen är synkront ansluten eller inte. Det tidigare regelverket gjorde skillnad på olika produktionslag såsom vindkraft, vattenkraft, gasturbiner och värmekraft. Gemensamma principer kan dock anses vara att stora anläggningar ska

²⁴ Kommissionens förordning (EU) 2016/631 av den 14 april 2016 om fastställande av nätföreskrifter med krav för nätanslutning av generatorer

ha mer förmågor än små samt att alla anläggningar ska ha en grundläggande robusthet eller störningstålighet för att inte direkt förvärra en situation utanför normala driftförhållanden.

Kraftverk producerar alltså el med olika förutsättningar och på olika sätt. Samtliga måste dock uppfylla vissa krav och en del har inneboende förmågor:

Alla kraftverk måste utformas på ett sätt så att de bidrar på ett bra sätt till kraftsystemet, och i alla fall minskar risken att bidra till att en svår situation i kraftsystemet blir värre.

För större anläggningar krävs vissa förmågor, såsom frekvensreglering och spänningsreglering. *Frekvensreglering* innebär att kraftverk ökar eller minskar sin aktiva effekt, med andra ord elproduktion, för att upprätthålla 50 Hz i elnätet. Vid en störning kan alla elproduktion bidra till frekvenshållningen, oavsett lokalisering, i ett sammankopplat elnät. *Spänningsreglering* innebär att kraftverk och andra komponenter i kraftsystemet producerar eller konsumerar reaktiva effekt för att upprätthålla rätt spänning i elnätet. Det här är en lokal fråga som kräver att resurser i närområdet kan bidra till spänningshållningen.

Kraftverk som har en rotationsenergi som är elektriskt kopplad till kraftsystemet har en inneboende förmåga att motverka snabba förändringar, dvs. bidra med stabilitet.

Krav på förmågor i nu gällande regelverk innebär att förmågorna i mindre utsträckning än tidigare kommer att vara bundna till specifika energiresurser, snarare blir det storlek på anläggningar som avgör. Det här skiljer sig från dagens läge, men givet att kraven implementeras (och anläggningarna som byggs inte i allt för stor utsträckning är småskaliga) ska alltså kraftsystemet förses med en robust produktionspark med nödvändiga förmågor, där exempelvis även en större vindkraftpark har förmåga till frekvensreglering. Vissa inneboende skillnader finns mellan kraftslagen, inte minst vad gäller synkront ansluten rotationsenergi. Men viss förmåga till reglering av spänning, effekt och frekvens kan åstadkommas hos alla produktionslag. Uthållighet och tillgänglighet skiljer sig däremot mer.

Specifika förmågor som behövs vid en eventuell återuppbyggnad av systemet efter kollaps rör dödnätsstart (förmåga att starta produktionsanläggningen och därifrån spänningssätta det anslutande nätet) och ö-drift (förmåga att upprätthålla drift i ett litet, avgränsat system). Dessa förmågor krävs inte generellt av några anläggningar, men ska kunna erbjudas av större synkrona produktionsanläggningar. Vattenkraft och kraftvärmeanläggningar är bäst lämpade för detta. Även mindre anläggningar och vind och sol skulle kunna bidra till ö-drift genom så kallade virtuella kraftverk där flera anläggningar styrs tillsammans. Vid återuppbyggnad är också möjligheten till styrning av aktiv och reaktiv effekt viktig, något som generellt krävs av större anläggningar.

2.3.3 Ny potentiell elproduktion i Gävleborg

Den huvudsakliga delen av ny potentiell elproduktion i Gävleborg fram till 2030 utgörs av vindkraft och speciellt av havsbaserad vindkraft. Utgångspunkt för vår analys är de idag kända projekten²⁵ som Energimyndigheten publicerar inom ramen för transparensinitiativet inom elcertmarknaden. Listan innehåller projektinformation om projekt under konstruktion, tillståndsgivna och planerade projekt samt bedömningar om tidigast möjliga drifttagningsår och -månad, där dessa inte är kända.

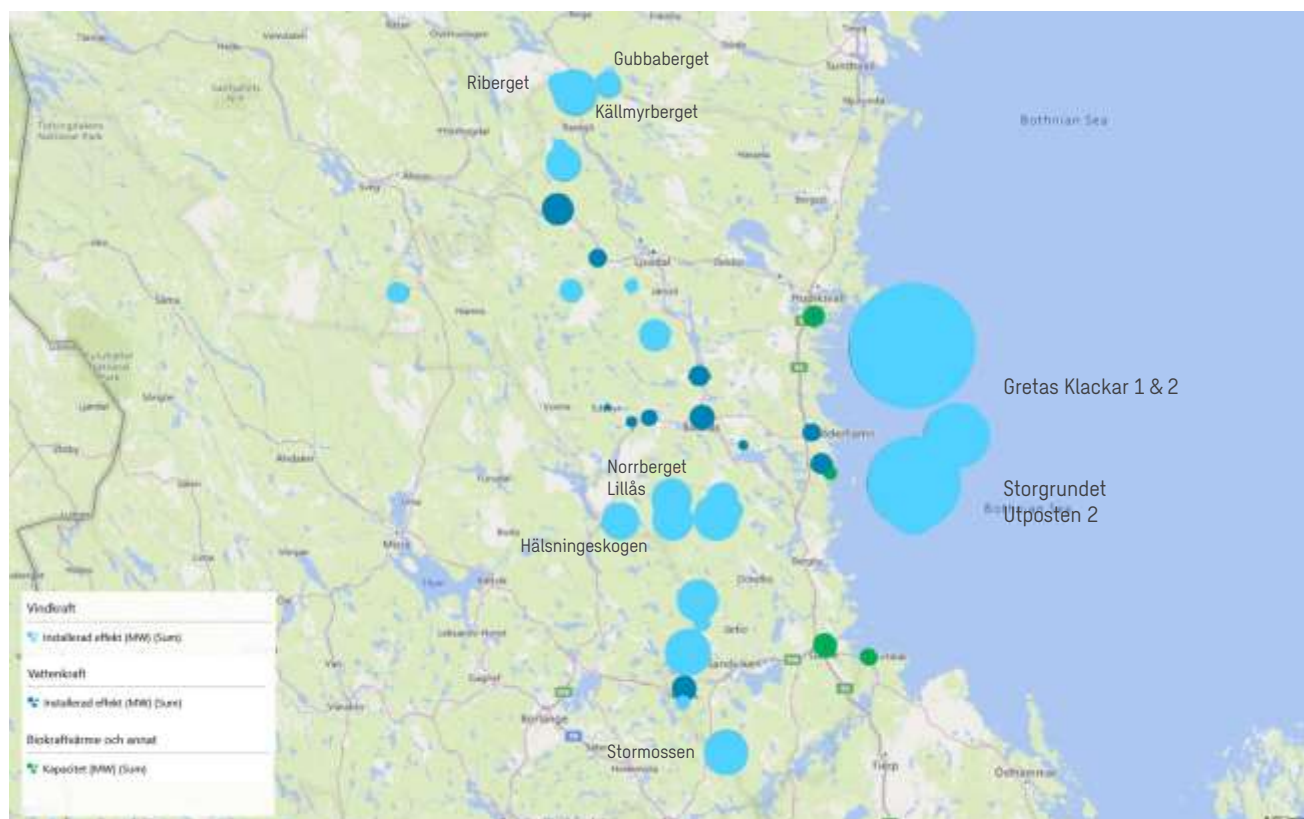
De idag kända projekten inom havsbaserad vindkraft står för 3660 MW, vilket motsvarar 71% av den potentiella kapacitetsökningen mellan 2021-2030 och med 15 TWh ca.. 75% av den potentiell tillkommande produktionen, med projekt som Storgrundet (WPD, 1020 MW), Utposten 2 (260 MW) och Gretas Klackar 1 och 2 (2300 MW, alla Svea Vind Offshore). Utmaningar för alla dessa projekt handlar om tillstånd och möjlighet till nätanslutning.

De idag kända projekten inom landbaserad vindkraft står för 1473 MW potential till 2030 (ca. 4.9 TWh normalårsproduktion) i Gävleborgs län. Av dessa landbaserade projekt är 267 MW (ca. 789 GWh) tillståndsgivna, främst i Ljusdal (193 MW, 569 GWh)

²⁵ Källa: Energimyndighetens lista med planerad projekt (<https://www.energimyndigheten.se/fornybart/elcertifikatsystemet/marknadsstatistik/>), bearbetad av Sweco

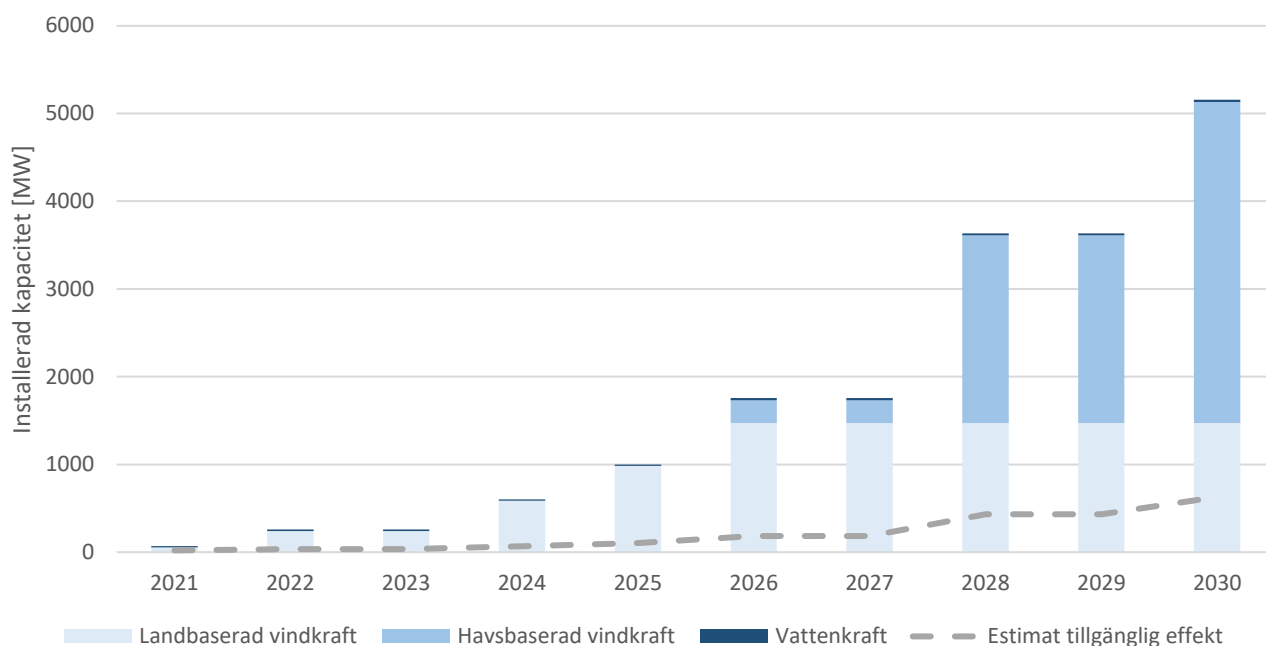
med projekten Tandsjö som ska driftsättas innan sommaren, Ribberget och Gubbaberget, men även i Ockelbo (projekt Storvrången) och Hofors (Tjärnäs). Det finns dock även planerade parker strax utanför Gävleborg som påverkar kapacitetssituationen i nätet, till exempel strax norr om Gävleborg.

Det finns också planer för en mindre produktionsökning i Fortums vattenkraftverk Bergvik, som ligger i Söderhamn kommun. Däremot finns inga kända utbyggnadsplaner inom kraftvärme.

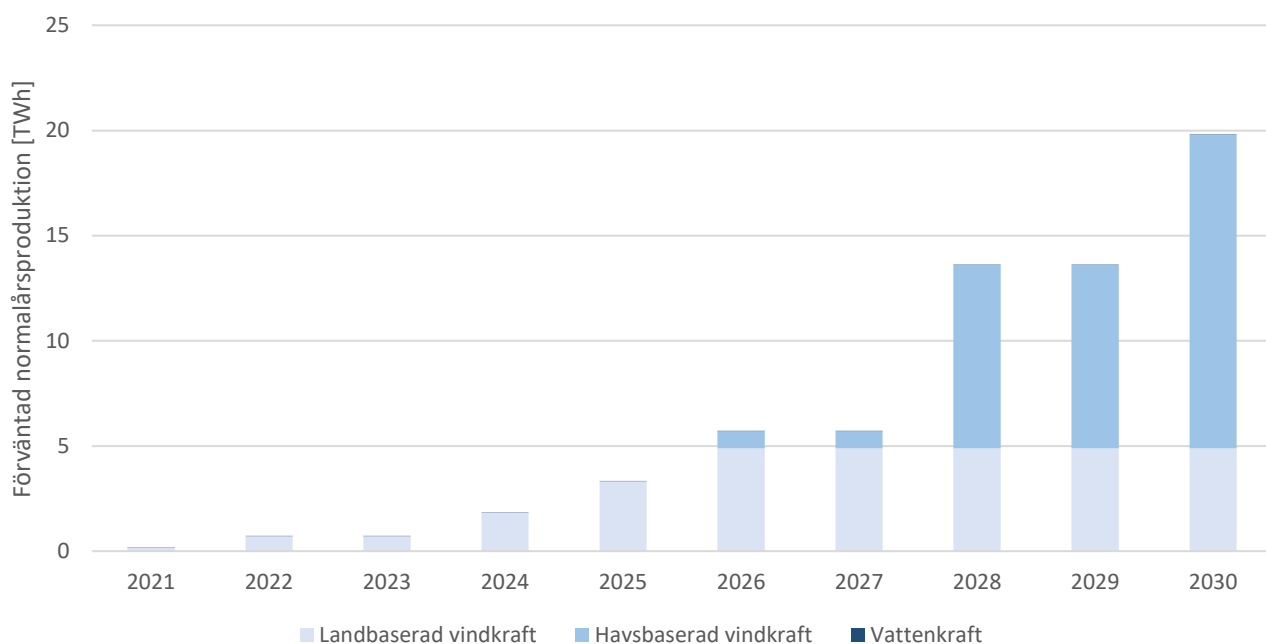


Figur 33: Drifftagna projekt, projekt under konstruktion, tillståndsgivna och planerade projekt, storleken på bubblorna indikerar installerad kapacitet

Den stora volymen av ny tillkommande produktion inklusive all havsbaserad vindkraft kan enbart realiseras under andra halvan 2020-talet, givet att tillstånds- och nätanslutningsfrågorna kan lösas. De följande figurerna indikerar tidsaspekten för den möjliga tillkommande elproduktionen.



Figur 34: Installerad effekt för projekt under konstruktion samt tillståndsgivna och planerade projekt i Gävleborg



Figur 35: Förväntad normalårsproduktion för projekt under konstruktion samt tillståndsgivna och planerade projekt i Gävleborg

Intressant är att den tillgängliga effekten för den tillkommande potentiella elproduktionen den kallaste vinterdagen kan uppskattas till dryga 600 MW i 2030, givet att man antar tillgänglighetsfaktorer på 9% för landbaserad vindkraft och 13% för havsbaserad vindkraft. Det är viktigt att poängtera att dessa faktorer tillåter enbart grova bedömningar och kan förändras med en större geografisk spridning av parkerna samt förbättrad teknik, framförallt lägre cut-in vindhastighet på grund av större rotordiameter i förhållande till generatorstorlek.

2.4 Nätutveckling med relevans för Gävleborg

För att redovisa behovet av nätutveckling med relevans för Gävleborg behöver vi både diskutera transmissionsnät, regionnät och lokalnät. Fokus i denna sammanställning är på transmissionsnätet och i viss grad regionnätet.

2.4.1 Behov av utveckling av transmissionsnätet enligt Svk

Vi redovisar behovet Svks bedömda behov av transmissionsnätutveckling genom Svenska kraftnäts systemutvecklingsplan, som är ett långsiktigt plandokument som lägger fokus på utvecklingen av framtidens kraftsystem och ska ge överblick över kraftsystemets utmaningar och pågående arbete för att möta samhällets behov av el.

Systemutvecklingsplanen 2020-2029 är en statusuppdatering av den systemutvecklingsplan Svk publicerade i november 2017²⁶ som då var den första i sitt slag och i sin tur byggde vidare på Nätutvecklingsplan 2016-2025²⁷. Sedan dess har Svenska kraftnät med ett par års mellanrum uppdaterat systemutvecklingsplanen som innehåller deras syn på vilka utmaningar som kraftsystemet står inför, och vilka lösningar som kan hantera dem. Utöver nätutveckling omfattas frågor relaterade till driftförutsättningar och marknadsutformning.

I 2018 års systemutvecklingsplan förklarade Svk att kapacitetshöjande åtgärder i Norrland utreds eftersom stora mängder vindkraftsproduktion börjat anslutas i området. De långa 400 kV-ledningarna i norra Sverige syftar till att överföra stora mängder vattenkraftsproduktion till de södra delarna. Kring älvarna i norr utbreder sig ett 220 kV-nät som historiskt fungerat som ett uppsamlingsnät för älvarnas vattenkraftproduktion. Vindkraftsproduktion som tillkommit de senaste åren har främst anslutits till 220 kV-nätet, vilket har medfört ett mer belastat elnät. Prelimära slutsatser från 2018 var att det fanns förstärkningsbehov i form av kapacitetshöjningar av en befintlig ledning samt behov av ytterligare en ny 400 kV-ledning för att kunna möta den vindkraftsutbyggnad som planeras.

I den senaste upplagan från 2020 har Svk ytterligare undersökt och analyserat behovet av nätutbyggnad, med bas i anslutningar som beräknas tillkomma, marknadsintegration mellan de svenska elområdena och med grannländerna, behov av systemförstärkningar samt behov av reinvesteringar under åren 2020-2029.

Anslutningar

Som anslutningar klassar Svk de nätåtgärder som är kopplade till externa ansökningar om att ansluta ny, eller öka befintlig, förbrukning och produktion. Huvudsakligen ansluts nät från andra nätägare till transmissionsnätet. Nätägarna tecknar då inmatnings- och/eller uttagsabonnemang utifrån den maximala produktion och konsumtion de önskar ansluta. I enstaka fall ansluts produktion och förbrukning direkt till transmissionsnätet. Stora vindkraftsparker kan tex. anslutas via en ledning skild från region-/lokalnätet och ägs oftast av en separat nätägare. Svk har enligt lag en skyldighet att ansluta produktion och förbrukning om inte synnerliga skäl finns att neka. Ellagen medger dock nekad anslutning om det föreligger kapacitetsbrist.

Ansökningarna om anslutningar under 2020-2029 utgörs till stor del av utbyggnad av vindkraft. 2019 fanns det ansökningar motsvarande 46 000 MW för anslutning av vindkraft fram till 2029 hos Svk. Motsvarande värde för ökat effektuttag uppges vara i storleksordningen 8 000 MW. Svk bedömer dock att det inte sannolikt kommer vara lönsamt för vindkraftsföretagen att genomföra alla dessa anslutningar på marknadsmässiga grunder. Samtidigt påpekas att vindkraftsutbyggnaden innebär betydande utmaningar för Svk då nätets utbyggnadsbehov planeras, eftersom det ofta råder osäkerhet om och när planerade vindkraftinvesteringar kommer till stånd samt hur omfattande de i slutändan blir. Historiskt har många av de utredningar som gjorts inte resulterat i någon anslutning men i takt med att kostnader för att bygga vindkraft minskar och behov av subventioner genom certifikatsystem minskar, väntas fler anslutningar realiseras.

Under 2017-2021 har Svk fått in markant fler ansökningar för anslutning av havsbaserad vindkraft än tidigare. Dessa utgör nu majoriteten av den ansökta volymen från vindkraft, för närvarande runt 45 000 MW, där många ansökningar har tillkommit

²⁶ Svk, *Systemutvecklingsplan 2018-2027*, <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2017/svenska-kraftnats-systemutvecklingsplan-2018-2027.pdf>

²⁷ Svk, *Nätutvecklingsplan 2016-2025*, https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/natutvecklingsplan-2016---2025_remisutgava.pdf

under de senaste två åren. I Energiöverenskommelsen från 2016 slopades anslutningskostnaderna för havsbaserad vindkraft vilket drivit på utvecklingen och med sannolikhet möjliggjort utvecklingen då havsbaserad vindkraft i annat fall hade haft svårt att konkurrera med den landbaserade. Flera tusen MW havsbaserad vindkraft är ansökt i de sydsvenska kusterna där Svk bedömer att inga ytterligare transmissionsnätförstärkningar utöver de som redan är planerade krävs för att hantera denna effektinmatning. Svk uppger att en högre anslutning än 8000 MW förmodligen skulle kräva ytterligare interna nätförstärkningar. För att kunna etablera havsbaserad vindkraft längs den svenska östkusten är dock de föreslagna ledningarna Ekhyddan–Nybro och Nybro–Hemsjö, vars koncessionsansökningar avslagits i september 2019, helt avgörande.

Sedan 2017 noteras likaså större volymförfrågningar om ökade effektuttag för förbrukning, främst kopplat till nyetablering av datacenter. De större förfrågningarna om anslutning har hittills uppgått till 500 MW och har varit aktuella för platser i mellersta och norra Sverige. Svk medger att effektuttag av den storleken är svåra att ansluta utan att genomföra nätförstärkningar. Ofta räcker inte kapaciteten på ledningarna i närområdet till, vilket medför att det kan ta lång tid att tillgodose det önskade nätkapacitetsbehovet.

De flesta förfrågningar om ökade uttagsabonnemang från transmissionsnätet i befintliga anslutningar härrör dock från landets storstadsregioner. På sina håll, i bl.a. Malmö, Uppsala och Stockholm, är transmissionsnätets kapacitet redan idag lägre än behovet av eltilförsel utifrån, vilket innebär att det råder lokal effektbrist.

Marknadsintegration

Marknadsintegration syftar till att öka eller bibehålla marknadskapaciteten mellan de svenska elområdena och mellan Sverige och grannländerna. Syftet är att använda produktionskällor mer effektivt samt bidra till ökad leveranssäkerhet genom förmågan att kunna överföra el från överskotts- till underskottsområden.

Svk ser i den senaste systemutvecklingsplanen inga avgörande förändringar i förutsättningarna som påverkar behoven av marknadsintegration under åren 2020-2029. Behovet av överföringskapacitet i nord-sydlig riktning väntas fortsatt öka under de närmaste decennierna till följd av att landbaserad vindkraft byggs ut i hög takt i norr samtidigt som kärnkraft och annan termisk produktion förväntas läggas ner i söder. Den havsbaserade vindkraften som till stor del väntas förläggas i söder kommer påverka energi- och effektbalansen och vara en faktor som tas hänsyn till i den långsiktiga planeringen av transmissionsnätet.

Som tidigare ses ett ökat behov av överföring särskilt i Snitt 2 mellan elområde SE2 och SE3. Svk ser att lösningen dels finns i de kapacitetsökningar som kommer genom programpaketet NordSyd (mer om detta längre fram i kapitlet) och dels genom ökad förbrukningsflexibilitet och energilager som kan bidra till att förbättra effekttillräckligheten. Svk arbetar i nuläget med att utveckla möjligheter för att aktörer på sikt ska kunna bidra med stödtjänster. Sådana möjligheter bedöms kunna skapas inom lokala flexibilitetsmarknader som exempelvis Coordinet²⁸ och SthlmFlex²⁹. I dagsläget är dessa dock ännu i utrednings- eller forskningsstadiet och det är ännu svårt att säga i vilken utsträckning de kommer att kunna bidra med stödtjänster, vilka volymer av efterfrågefleksibilitet som kommer att uppnås samt hur tillgängligheten för flexibiliteten kommer att se ut.

I samarbete med de övriga nordiska TSO:er undersöker Svk även det framtida behovet av utbyte med grannländerna. Svks scenarier visar att den största nyttan med ökad nätkapacitet infaller framåt 2040 när kärnkraften i Sverige antagits vara nedlagd.

Systemförstärkningar

Systemförstärkningar inkluderar de investeringar som görs i transmissionsnätet för att öka kapaciteten inom ett elområde. Detta inkluderar bland annat de åtgärder Svk vidtar för att öka kapaciteten till storstadsregionerna, som många av de systemförstärkningar som planeras genomföras under 2020-2029 kommer vara koncentrerade till.

²⁸ Svk: *Flexibilitet är en av nycklarna för att möta kapacitetsbristen, 2019.* <https://www.svk.se/press-och-nyheter/nyheter/allmannan-nyheter/2019/flexibilitet-ar-en-av-nycklarna-for-att-mota-kapacitetsbristen/>

²⁹ Svk: *Flexibla elanvändare kan minska kapacitetsbristen i elnätet i Stockholm, 2020.* <https://www.svk.se/press-och-nyheter/press/flexibla-elanvandare-kan-minska-kapacitetsbristen-i-elnaten-i-stockholm---3277396/>

Inom de regioner där stora mängder vindkraft tillkommit, finner Svk ett behov av att säkerställa att enskilda nätsektioner inte leder till begränsningar för möjligheten att överföra elproduktionen på ett driftsäkert sätt. I några fall innebär det att nya ledningar behöver byggas för att förstärka nätet inte endast i ett nord-sydligt perspektiv utan även i ett öst-västligt.

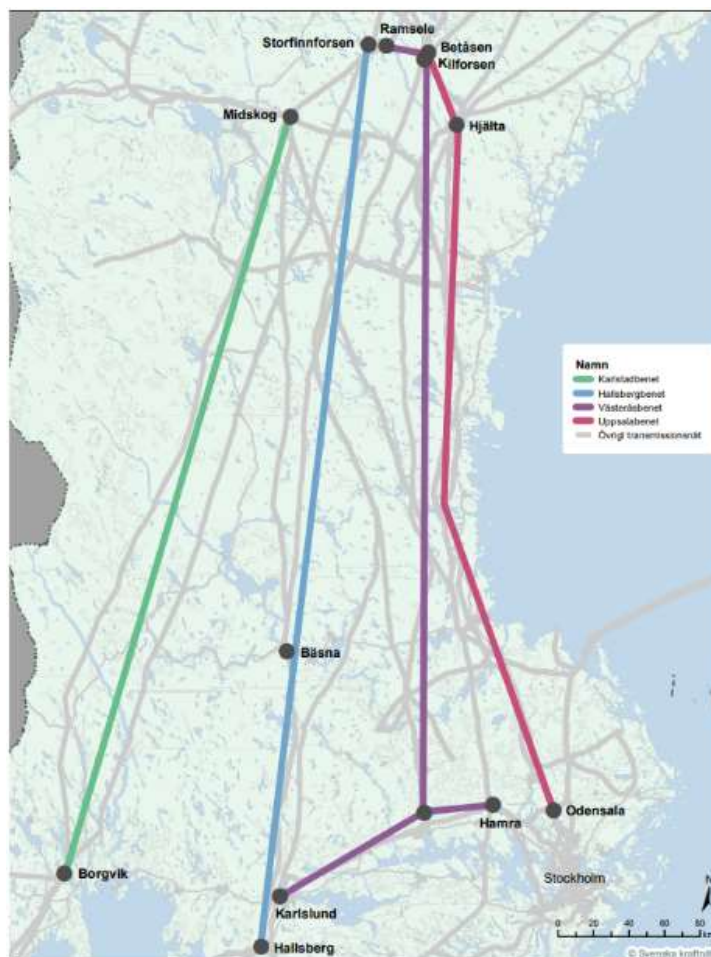
Reinvesteringar

Reinvesteringar inkluderar det löpande underhåll och förnyelse som Svk genomför på åldrande ledningar och stationer. För reinvesteringar av ledningar finner Svk fortsatt en tidsmässig utmaning under den kommande 10-årsperioden, som till stor del är densamma som presenterades i systemutvecklingsplanen för två år sedan. Detta innefattar ett tjugotal ledningar (cirka 800 km totalt), ett trettiotal stationer samt ett stort antal enskilda apparater som kommer att behöva förnyas på grund av att de är nära att uppnå sin tekniska livslängd. Detta arbete kommer att påbörjas under perioden 2020-2029 och det pågår en övergripande systemstudie för att avgöra hur förnyelsen av dessa anläggningar ska ske på bästa sätt.

Vissa beslutade åtgärder som ska möta utmaningar inom marknadsintegration och systemförstärkningar kommer att ha inverkan på det totala reinvesteringsbehovet. Tidplanen för nödvändiga åtgärder kan komma att innebära att Svk behöver livstidsförlänga en del anläggningar som skulle ha förnyats tidigare om de hade hanterats individuellt. Livstidsförlängningen är för vissa anläggningar endast tillfällig och dessa anläggningar kommer att tas ur drift vartefter nya ledningar och stationer färdigställs, de livstidsförlängs för att alla reinvesteringar i sin helhet ska ske så smidigt som möjligt. Omfattningen av denna typ av åtgärder är ännu inte helt känd då den kan komma att ändras med tiden i och med att de är beroende av tidplanen för de nya lösningarna.

Programpaketet NordSyd

Svk studerar och analyserar transmissionsnätets förmåga att överföra el från norr till söder i programpaketet NordSyd. Programmet utgör en av de större investeringarna i transmissionsnätet de kommande 10 åren. Över Snitt 2 mellan SE2 och SE3 finns tre gamla 220 kV-ledningar och åtta 440 kV-ledningar av varierande ålder, där den äldsta är världens första 400 kV-ledning från 1952. Ledningarna kommer inom kort uppnå sin tekniska livslängd samtidigt som ett större överföringsbehov väntas.



Figur 36: Projekt under övervägande inom NordSyd-paketprogrammet. Källa: Svk

Som tidigare nämnts är drivkraften bakom det ökade överföringsbehovet i nord-sydlig riktning en stor utbyggnad av vindkraft i norr samtidigt som en avveckling av kärnkraften sker i söder ihop med en högre elanvändning som främst tillkommer i söder. Svk finner att det finns tydliga motiv att förstärka överföringskapaciteten i Snitt 2 i samband med genomförandet av de nödvändiga förnyelseåtgärderna. Detta för att det annars skulle ha negativ inverkan på elmarknaden och leveranssäkerheten i södra Sverige.

NordSyd är Svks största investeringspaket någonsin som innebär att stora delar av mellersta Sverige kommer förnyas och förstärkas genom en serie åtgärder de närmsta 20 åren. Huvuddelen av investeringspaketet väntas bestå av långsiktiga åtgärder som enligt planen kommer tas i drift succesivt fram till omkring 2040. En del av paketet omfattar också närliggande åtgärder vars mål är att förstärka området kring Mälardalen och Uppland för att möjliggöra ökade uttag för förbrukning. Dessa kommer att tas i drift inom en femårsperiod.

Totalt sett kommer cirka 2 000 km ny ledning och ett 35-tal stationer att byggas inom NordSyd-paketet, detta kommer att innebära en kapacitetshöjning från dagens 7 300 MW till över 10 000 MW över Snitt 2. Svk:s styrelse fattade beslut i maj 2018 om den strategiska inriktningen för det fortsatta arbetet med NordSyd, med en total investeringsnivå på drygt 50 miljarder kronor.

På kort sikt väntas Svk öka kapaciteten i Snitt 2 med ungefär 800 MW, från dagens 7 300 MW, genom bland annat en pilotinstallation av en högtemperaturlina mellan Valbo och Untra. Svk avser lösa delar av problemen med kapacitetsbrist kring Västerås och Uppsala med denna åtgärd. Det finns även planer på att installera shuntkompensering för att öka nätets stabilitetsgräns och förmåga att hålla spänningen inom fastställda intervall. Åtgärderna planeras som helhet vara genomförda till 2024.

På längre sikt skriver Svk att de långa 400 kV-ledningarna genom Snitt 2, som är utrustade med seriekondensatorstationer, behöver förnyas för att öka överföringskapaciteten i transmissionsnätet den kommande tioårsperioden. Detsamma gäller de tre 220 kV-ledningarna. De första förnyelserna av 400 kV-ledningarna behöver vara genomförda runt 2035 om hänsyn tas endast till deras tekniska livslängd. Det förberedande arbetet för att ersätta befintliga 220 kV-ledningar med 400 kV-ledningar har redan startat, vilket ses som en förutsättning för att hinna färdigställa arbetet i tid. Dessutom pågår utredningar för delar av 220 kV-nätet mellan Krångede – Västerås – Enköping och Stadsforsen – Uppsala och de första av dessa projekt väntas starta under 2020.

20-årsplan nätinvesteringar NordSyd

De projekt som övervägs för att stärka transmissionsnätet i nord-sydlig riktning visas i Tabell 6 och Figur 37, där Uppsala- och Västeråsbenet har störst relevans för Gävleborg, eftersom det möjliggör mer in- och utmatning.

Tabell 6: Projekt under övervägande inom NordSyd-paketprogrammet. Källa: Svk

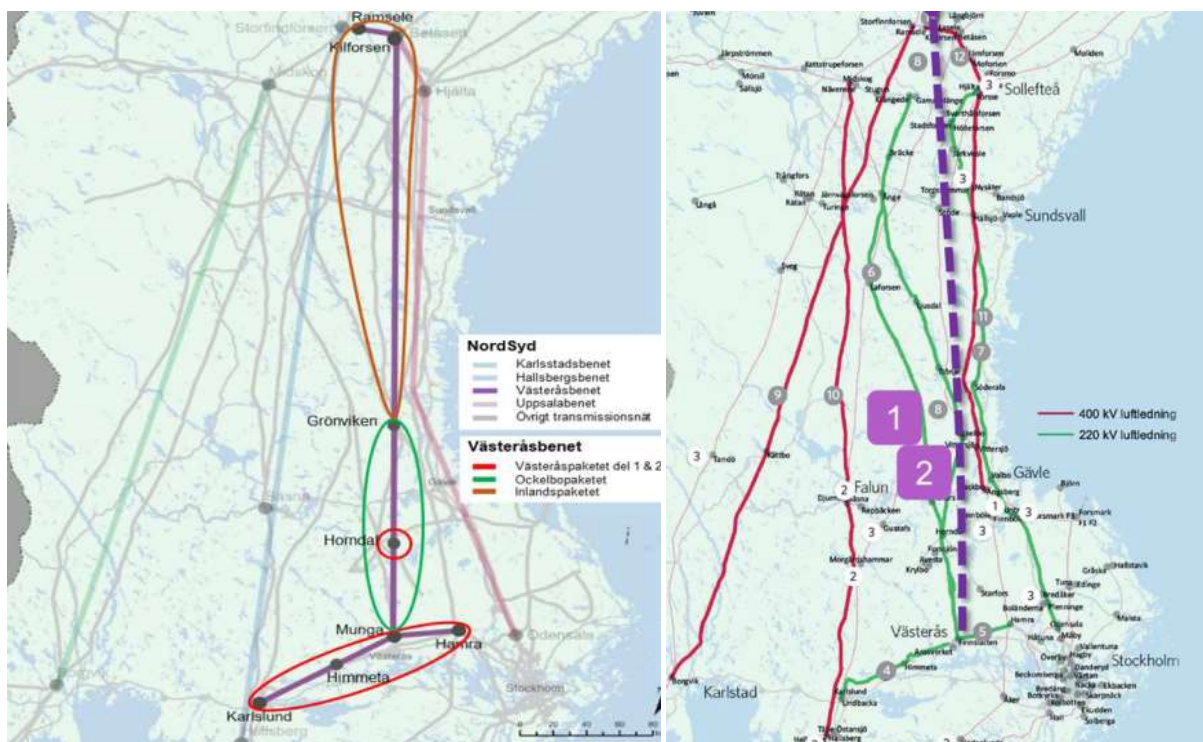
Projekt-beskrivning	Antal stationer	Km bygg	Km avveckling	Start förberedelsefas	Tas i drift	Utgift (mnkr)
Uppsalabenet	13	450	700	2020	2025–2037 ³⁰	10 000–12 000
Västeråsbenet	16	650	950	2020	2024–2037 ³¹	16 000–18 000
Hallsbergbenet	3	500	500	2027	2037–2041 ³²	13 000–14 000
Karlstadbenet	2	450	450	2025	2035–2038 ³³	11 000–12 000

³⁰ Tidsspannet enligt systemutvecklingsplanen, slutförd ca. 2033 enligt senaste uppdatering

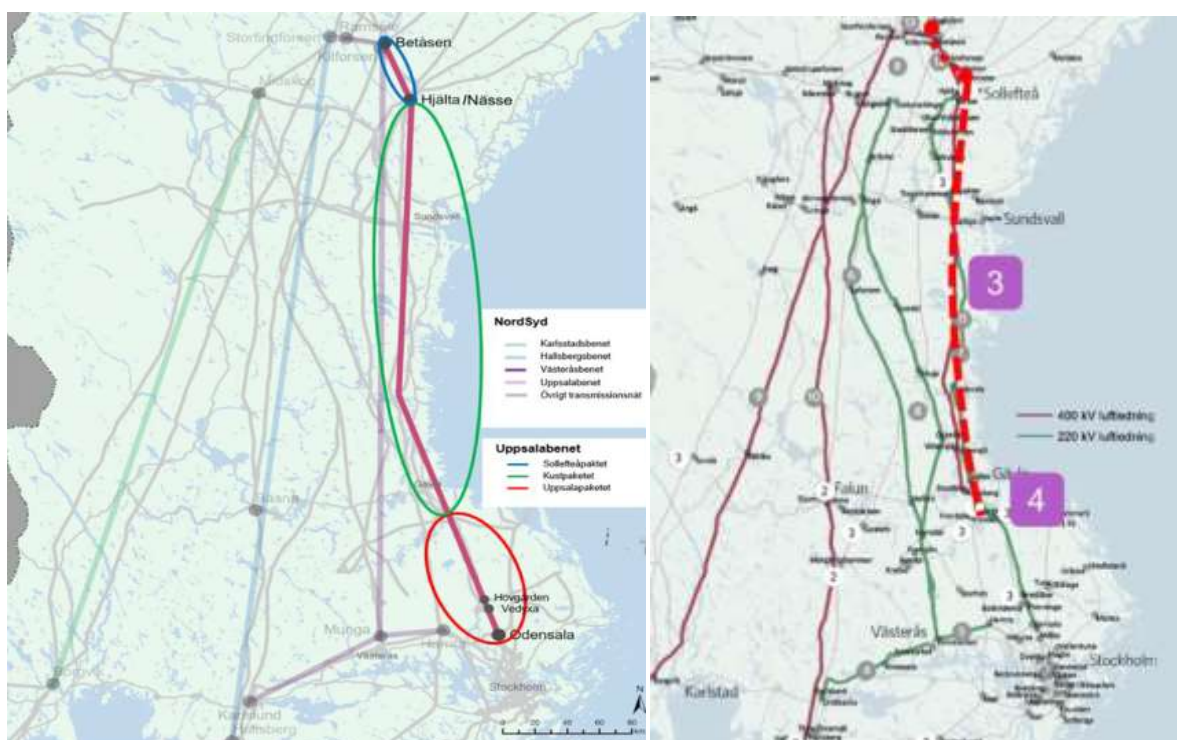
³¹ Tidsspannet enligt systemutvecklingsplanen, slutförd ca. 2035 enligt senaste uppdatering

³² Tidsspannet enligt systemutvecklingsplanen, slutförd ca. 2040 enligt senaste uppdatering

³³ Tidsspannet enligt systemutvecklingsplanen, slutförd ca. 2038 enligt senaste uppdatering



Figur 37: Svks NordSyd paket, Västeråsbenet (Västeråspaket 1&2, Ockelbopaketet, Inlandspaketet)



Figur 38: Svks NordSyd paket, Uppsalabenet (Uppsalapak 1&2, Kustpaketet, Sollefteåpaketet)

- Inmatning av vind
- Stora lastcenter

- Avveckla 220 kV
- Bygg utanför samhälle
- Runt Ockelbo bygger Svk om Grönviken och bygger nya Fallviken 400 kV stationer (1 och 2)
- I Njutånger pågår diskussioner med Ellevio om en ny 400/130 kV station (3)
- Söder om Dalälven finns flexibilitet att bygga en 400 kV station (4)

Svenska kraftnät nämner i en intervju att investeringarna kommer leda till att det efter 2033–2035 kommer finnas stora möjligheter för ytterligare uttag och inmatning i både Gävleborgs län och omkringliggande områden. Preliminärt tror Svenska kraftnät att det handlar om en ökad tillgänglighet på cirka 1000 MW. Svenska kraftnät kan inte uttala sig om hur mycket av denna kapacitet som kommer kunna användas i Gävleborg, utan det beror bland annat på hur mycket nätkapacitet som omgivande regioner behöver och när anslutningsansökningar eller ansökningar om utökat abonnemang kommer in. Svenska Kraftnät uppger även att de kollar på hur kustledningen kan ta emot eventuell havsbaserad vindkraft.

2.4.2 Regionnätet förstärks

Utöver förstärkningar i transmissionsnätet så pågår även förstärkningar av regionnätet. Alla de tre största regionnätsföretagen i Sverige har regionnät i Gävleborg. Ellevio har mest regionnät i Gävleborg och äger majoriteten av regionnäten i kommunerna Ljusdal, Hudiksvall, Ovanåker, Bollnäs, Söderhamn och Ockelbo. Vattenfall Eldistribution har regionnät i kommunerna Gävle, Sandviken och Hofors, medan E.ON Energidistribution har regionnät i Nordanstig.

I intervjuer med de tre regionnätsföretagen nämner de att de generellt kan hantera mindre anslutningar, under cirka 5 MW, relativt snabbt. Större anslutningar än det kan ta runt två år att hantera i vissa hårt belastade områden. Vid anslutningar större än ca 25-50 MW, krävs i regel ny linjekoncession och för ännu större anslutningar (>300 MW) krävs sannolikt en transmissionsnätsanslutning.

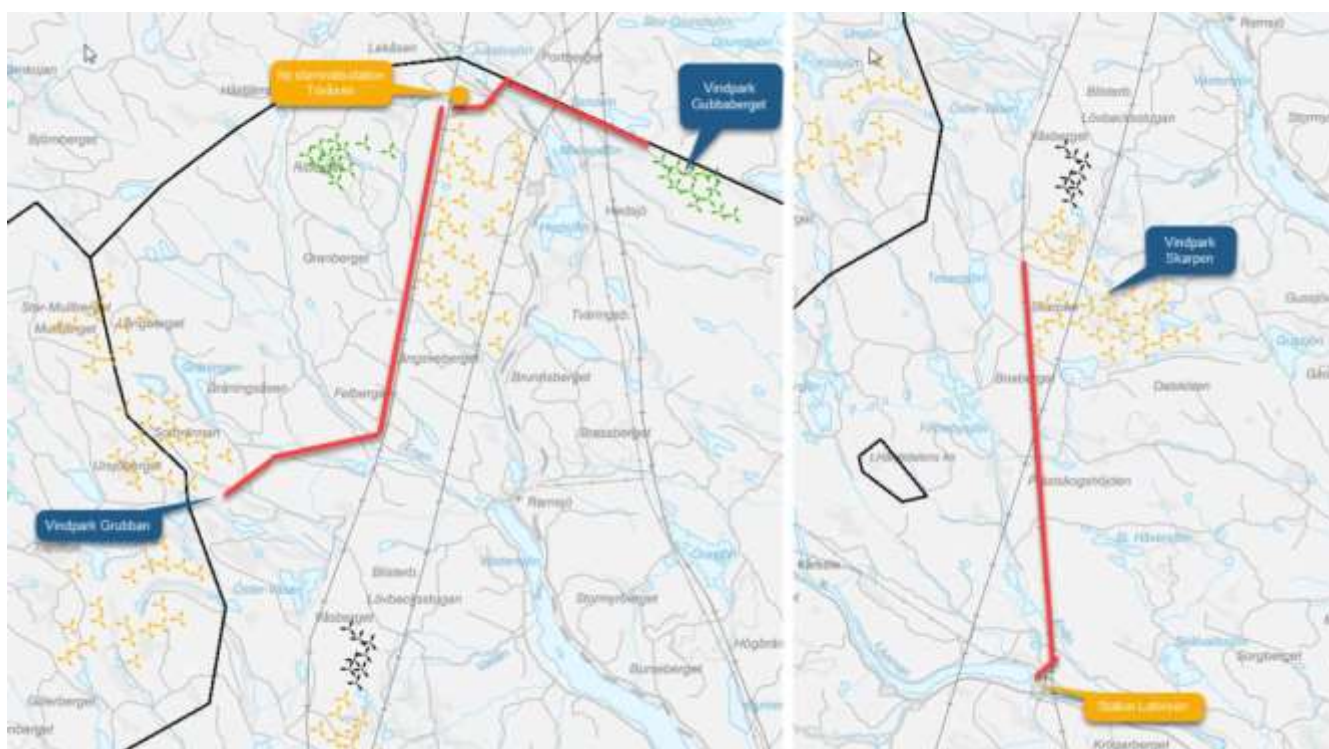


Figur 39: Området för Ellevios områdeskoncession i Gävleborg

Ellevio har såväl lokalnät som regionnät inom Gävleborgs län. Det vita området i Figur 39 utgör Ellevios områdeskoncession i länet, där linjerna visar regionnätetsledningarna.

Just nu pågår följande större investeringsprojekt i Ellevios regionnät i Gävleborg, som även visas i Figur 40:

- Koncession beviljad för ny 130 kV ledning till Gubbaberget
- Samråd genomförts för ny 145 kV till Grubban
- Skarpen planeras att anslutas till befintlig 130 kV ledning som förses med grövre linor (12:6 samråd).



Figur 40: Regionnätetsledningar som är på gång i Gävleborg, ledningssträckningarna är grovt inritade (schematiska) och koncessionsansökan för ledningen till vindpark Grubbaberget skickas in under september 2021. Arbetet med ledningsanslutningen av vindpark Skarpen har initierats, men är i ett tidigt skede. Möjligheten att ansluta vindparken till station Laforsen studeras. (källa: Vindbrukskollen, Ellevio)

Samtidigt bygger Vattenfall Eldistribution nya luftledningar och stationer utanför Sandviken och Gävle.

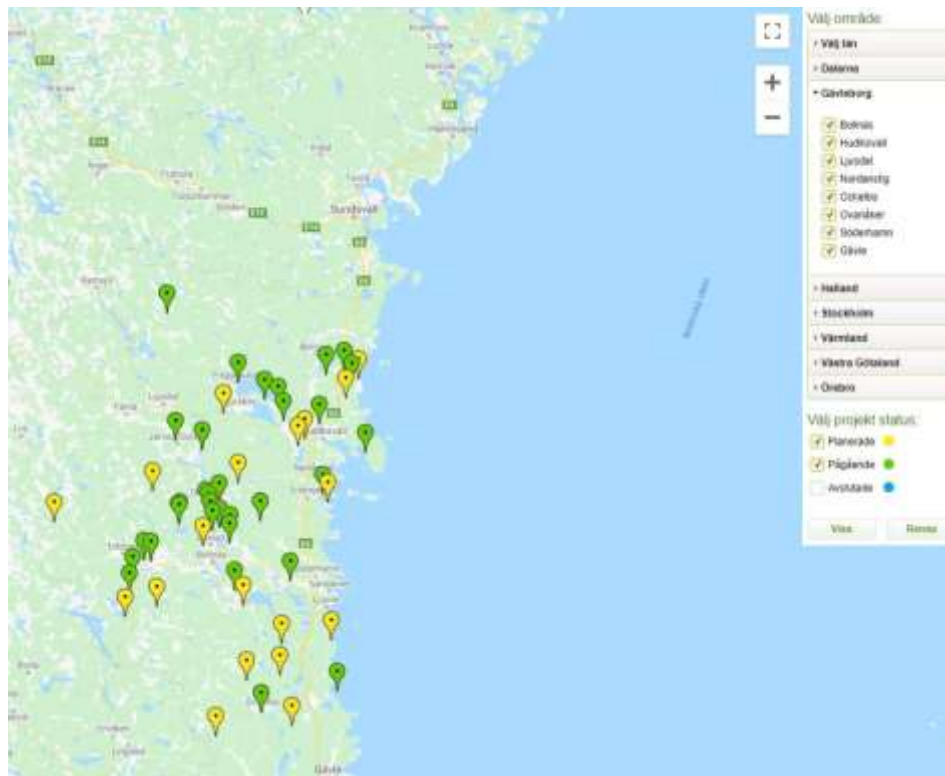


Figur 41: Vattenfalls pågående projekt i Gävleborg (källa: Vattenfall)

2.4.3 Lokalnätet förstärks

Även i lokalnätet behöver kontinuerliga förstärkningar och ombyggnationer göras av elnätet. När det sker snabba förändringar i ett begränsat område av lokalnätet, exempelvis genom tillkommande snabbaddare för elbilar, kan flaskhalsar uppstå i lokalnätet. Flaskhalsar inom lokalnätet går i de flesta fall snabbt att bygga bort inom lokalnätbolagens dagliga verksamhet.

Det finns 7 lokalnätsbolag i Gävleborg som alla ansvarar för att förstärka och bygga om elnätet i sitt område. Ett exempel är Ellevio, där stora investeringar har gjorts och fortsätter göras för att förny och vädersäkra lokalnätet, se Figur 42.



Figur 42: Ellevios planerade och pågående lokalnätprojekt (källa: Ellevio)

3 UTMANINGAR OCH LÖSNINGAR

En kraftigt ökad elanvändning och en högre andel variabel elproduktion innebär nya utmaningar för elsystemet på såväl lokal, regional som nationell nivå. En central utmaning är att tillgodose det årliga elbehovet och effektbehovet under topplasttimmarna i ett elsystem med en växande efterfrågan och en minskad andel tillförlitlig, planerbar produktion. Topplastbehovet har även en geografisk dimension och är kopplad till överföringskapacitet på såväl nationell som lokal nivå. På kort sikt utgörs den största utmaningen av regionala kapacitetsbegränsningar och lokala flaskhalsar, särskilt i anslutning till större städer.

Ett leveranssäkert kraftsystem med en hög andel variabel elproduktion behöver tekniskt sett vara flexibelt och ha förmåga att hantera många olika situationer. Kraftsystemet är ett mångfacetterat sammankopplat system, där alla olika aktörer behöver samspela strukturerat för att hålla fysikaliska parametrar inom givna ramar. En viktig förutsättning för att uppnå det är att förstå kraftsystemets egna dynamik och behov samt dess samspel med framförallt transport- och värmesektorn, vilket blir ännu viktigare med en snabbt ökande elanvändning som vi nu ser framför oss i både Gävleborg, Sverige och övriga Norden. Samtidigt finns kraftsystemet också för att dessa utmaningar *inte ska behöva* lösas på enbart lokal eller regional nivå, även om det *kan* vara effektivt.

I intervjuer med regionala aktörer i Gävleborg lyfts långa ledtider och låg acceptans för både nätutbyggnad och lokal elproduktion som viktiga utmaningar. Samtidigt ser man utmaningar för elnätet i och med tillkommande produktionsanläggningar och stora tillkommande punktlaster som behöver anslutas med kort varsel. Regionala aktörer efterfrågar mer transparens gällande tillgänglig kapacitet i elnätet, mer dialog mellan de olika parterna samt att ägarskap och ansvar över länsövergripande kraftförsörjningsfrågor behöver tydligare definieras.

De intervjuade kommunerna lyfter ett antal åtgärder från andra aktörer som behövs för att underlätta nätkapacitetssituationen på sikt. De åtgärder som lyfts kretsar till stor del kring förbättrad dialog och kommunikation, ökad proaktivitet från andra aktörer samt kortade ledtider för tillståndsprocesser. En bygdepeng lyfts fram som en lösning för att stärka incitament för att hantera den låga acceptansen för vindkraftsutbyggnad.

Förutom problemen gällande elnätskapacitet så möter vindkraftsutvecklare en rad andra utmaningar i regionen som relaterar till snåriga tillståndsprocesser, lokalt motstånd och ett asymmetriskt kunskapsläge gällande energifrågan bland kommunala och regionala politiker. Lösningar som på kort och lång sikt kan förbättra kapacitetssituationen i Gävleborg uppges av vindkraftsutvecklarna inkludera energilager och flexibel tillgänglighet för produktion, effektivare tillståndsprocesser och en mer proaktiv nätutbyggnad.

Regionnäsägarna i Gävleborg anser att elnätskapaciteten i länet för närvarande är tillräcklig på de flesta platser. Det finns dock utmaningar på längre sikt, både kopplat till inmatning av produktion eller mer uttag av el. Alla tre regionsnäsägare uppger att storleken på förfrågningarna på uttag ökar, och att de ibland är större än hela den nuvarande elanvändningen i området. Även regionnäsägarna lyfter tillståndsprocesser och acceptans som viktiga frågor. Det främsta medlet som lyfts av regionnäsägarna för att kapacitetsfrågan ska kunna hanteras effektivt är en tidig och kontinuerlig dialog.

Även Svenska kraftnät betonar vikten av dialog och uppger att ett verktyg för att mer effektivt jobba med kapacitetsfrågan framöver kan vara dialoger kring förbrukningsprognoser, som skulle ske i flera led. Svenska kraftnät behöver då underlag av regionnäsbolagen som i sin tur behöver hjälp av kommuner och regioner för att kunna samla in information gällande kommande processer och etableringar.

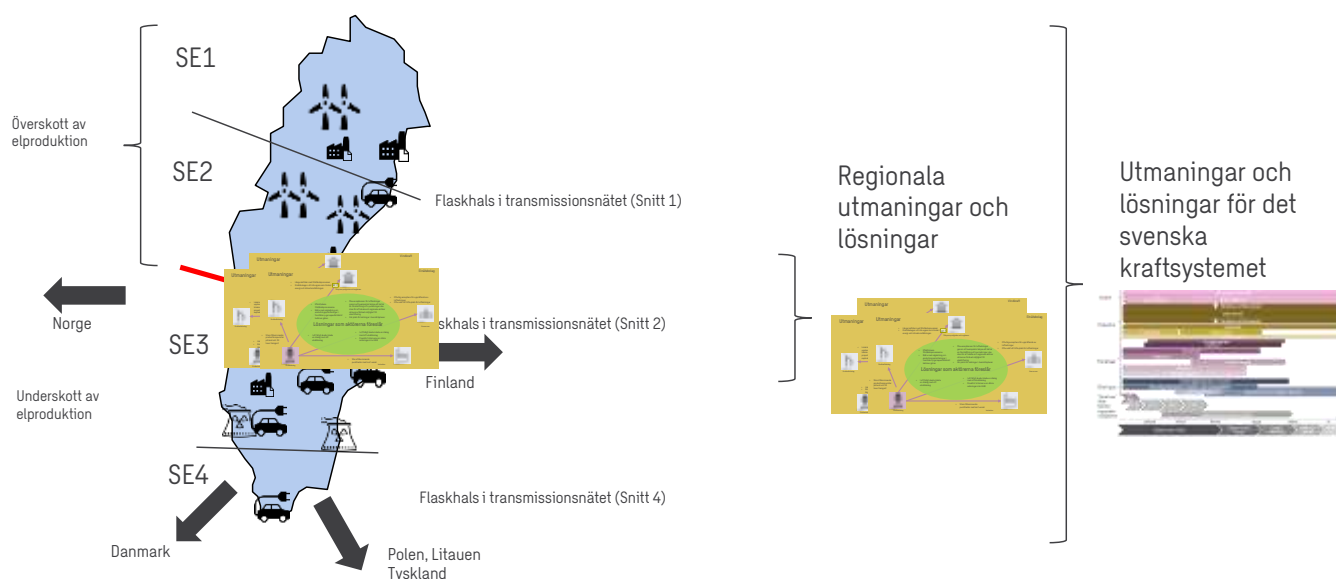
3.1 Utmaningar och lösningar – det regionala vs det nationella perspektivet

En kraftigt ökad elanvändning och en högre andel variabel elproduktion innebär nya utmaningar för elsystemet på såväl lokal, regional som nationell nivå. En central utmaning är att tillgodose det årliga elbehovet och effektbehovet under topplasttimmarna i ett elsystem med en växande efterfrågan och en minskad andel tillförlitlig, planerbar produktion.

Topplastbehovet har även en geografisk dimension och är kopplad till överföringskapacitet på såväl nationell som lokal nivå. I dagsläget sker en utfasning av kärnkraft, kraftvärme och spetslast i södra Sverige samtidigt som utbyggnaden av ny elproduktion i stor utsträckning är lokaliserad i norr. Detta innebär ett ökat behov av överföringskapacitet mellan norra och södra Sverige. På kort sikt utgörs den största utmaningen av regionala kapacitetsbegränsningar och lokala flaskhalsar, särskilt i anslutning till större städer där bland annat den ansträngda situationen i Malmö och Stockholm uppmärksammats under de senaste åren.

Förutom utmaningar relaterade till tillräcklighet (toppeffektbehov, kapacitetsbegränsningar) leder förändringar i produktionsammansättningen även till tekniska utmaningar relaterade till driftsäkerhet, bland annat vad gäller frekvensreglering och spänningsstabilitet. En ökad koncentrerad elproduktion till norra Sverige och flaskhalsar i stamnätet innebär även växande elprisskillnader inom Sverige under de kommande åren, vilket påverkar förutsättningarna för nya elintensiva verksamheter och industrisatsningar.

Kraftsystemet är komplext och sammankopplar olika delar av Sverige till varandra och till övriga Norden och Europa, där dimensionering av produktion och överföringskapacitet växt fram över en lång tid. Detta innebär att många utmaningar inte kan lösas på en lokal eller regional nivå, utan behöver sättas in i ett nationellt eller till och med internationellt sammanhang. Detta är även syftet med kraftsystemet – att kunna transportera el över större geografiska områden för att möjliggöra en mer effektiv elförsörjning. Utmaningar som behov av lokal nätkapacitet för ökad elbilsaddning måste givetvis lösas lokalt, medan större energi- och effekt-obalanser kan lösas över större geografiska avstånd. Därför är det viktigt att inte isolera utmaningarna som nämns av aktörerna i Gävleborg i intervjuerna för mycket utan att sätta in dem i ett kraftsystemsammanhang och speciellt i sammanhanget med ökad elanvändning och mer variabel elproduktion i hela landet och övriga Norden.



Figur 43: Utmaningar och lösningar för Gävleborg ur ett Sverigeperspektiv

Flera av elsystemets framtida utmaningar är kopplade till nationella aktörer och ansvarsområden. Svenska kraftnät ansvarar för frekvensreglering och nationell spänningshållning och är ansvariga för att ta fram lösningar och marknader för stödtjänster. Även när det gäller effektillräcklighet på nationell och prisområdesnivå rör frågan inte enbart tillgänglig överföringskapacitet och produktions- och flexibilitetsresurser inom det aktuella området, utan kräver ett helhetsperspektiv med ansvar på nationella och internationella aktörer, i Sverige i synnerlighet Svenska kraftnät.

På regional nivå består utmaningarna framförallt av att se till att det finns tillräckligt med nätkapacitet och lokala produktions- och flexibilitetsresurser för att tillgodose nya anslutningar och möjliggöra framtida industrisatsningar och etableringar av nya verksamheter. På flera håll i landet har det på senare tid uppstått lokala kapacitetsproblem och i flera storstadsregioner, till exempel Malmö och Stockholm, börjar elnäten bli en begränsande faktor för tillväxt och

bostadsbyggande. Ett motsatt exempel är situationen i norra Sverige, där god tillgång till el och nätkapacitet möjliggjort att flera nyetableringar och stora industrisatsningar lanserats bara under det senaste året. Genom att ha tillräcklig kapacitet i elnäten och hitta nya lösningar för lokal elproduktion, energilager och efterfrågefleksibilitet kan en liknande utveckling främjas i Gävleborg.

Intervjuerna visar sammantaget på ett antal centrala utmaningar för Gävleborg:

- Långa ledtider för elnät och ofta låg acceptans för upprättande av luftledningar
- Utdragna tillståndsprocesser för ny elproduktion och låg lokal acceptans
- Stora tillkommande produktionspunkter på land och till havs fragment
- Stora tillkommande punktlaster med kort varsel
- Mer transparens när det gäller kapacitet i elnätet
- Odefinierat ägarskap över länsövergripande kraftförsörjningsfrågor
- Bristande dialog mellan olika parter

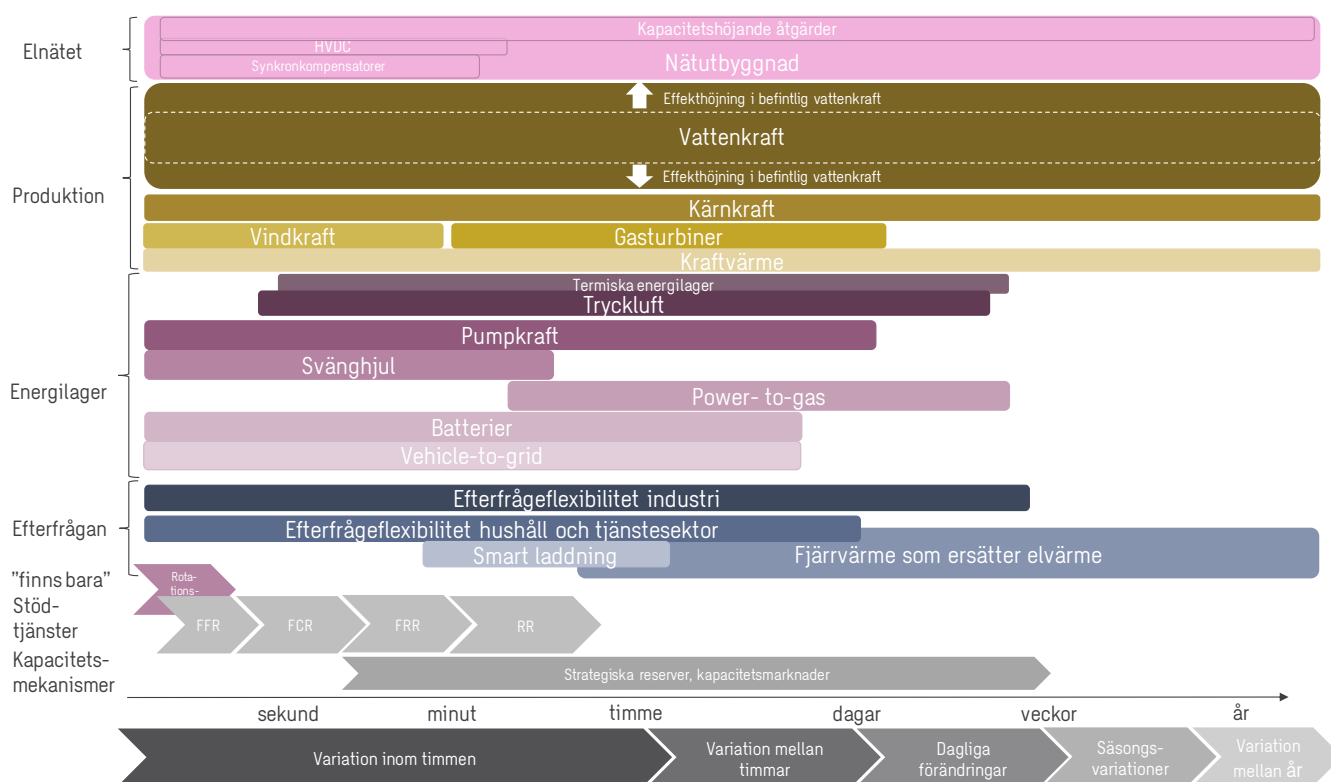
Alla dessa utmaningar är tecken på snabba förändringar som inte längre kan lösas med gårdagens överkapacitet i både produktion och elnät eller med gårdagens processer och planering. Dock kan varken nätutbyggnad, enskilda kraftslag eller energilager som vätgas lösa "alla" utmaningar. Det måste till lite "mer av allt", både mer elnät, mer elproduktion, mer användarflexibilitet, mer energilager, mer dialog i ett tidigt skede och mer proaktivitet samt en tydligare ansvarsfördelning.

3.2 Lösningar kräver samspel och systemsyn

För att möta ett kraftigt ökat elbehov måste kraftproduktionen byggas ut, och i dagsläget bedöms den tillkommande produktionen huvudsakligen utgöras av variabel produktion i form av vind och solkraft. Ett leveranssäkert kraftsystem med en hög andel variabel elproduktion behöver tekniskt sett vara flexibelt och ha förmåga att hantera många olika situationer. Kraftsystemet är ett mångfacetterat sammankopplat system, där alla olika aktörer behöver samspela strukturerat för att hålla fysikaliska parametrar inom givna ramar. Exempelvis måste kraftsystemet kontinuerligt hållas i balans och frekvensen måste hållas vid 50 Hz, eller närmare bestämt i ett smalt frekvensband mellan 49.9 och 50.1 Hz, samtidigt som spänningsnivåer måste hållas på rätt nivåer. Detta gäller både snabba förändringar (stabilitet) och långsammare förändringar (balans/reglering).

På regional nivå behöver systemet vara flexibelt för att hålla den regionala produktionen och elanvändningen i balans. Även om vind- och solkraft byggs ut för att täcka ett regionalt energibehov över året måste effektbehovet även tillgodoses under perioder med knappa vind- och solresurser – den *abonnerade effekten* från överliggande nät (möjlighet till import) behöver tillsammans med tillförlitlig, lokal elproduktion och andra lokala flexibilitetsresurser tillgodose det momentana effektuttaget från områdets konsumenter. Historiskt har en stor del av effektuttaget i Gävleborg tillgodosetts genom abonnerad effekt från stamnätet, som kompletterats av elproduktion från vattenkraft och kraftvärme. Detta kommer även vara fallet i framtiden, och för att möta ett växande el- och effektbehov kommer nät och nätstationer behöva förstärkas för att möjliggöra ett större utbyte – både import och export – med stamnätet och övriga Sverige och Norden. Samtidigt kan andra lokala flexibilitetsresurser som energilager och efterfrågefleksibilitet hjälpa till att avlasta elnätet och möjliggöra snabba åtgärder när nätutbyggnad tar lång tid att genomföra.

Olika lösningar för att öka flexibiliteten i kraftsystemet sammanfattas i Figur 44.



Figur 44: Lösningar³⁴ för balansering av ett kraftsystem med en hög andel variabel elproduktion

På övergripande nivå kan de resurser som finns för att öka flexibiliteten i kraftsystemet delas in i flexibel produktion, efterfrågeflexibilitet och lagring även om gränserna mellan dessa flexibilitetsresurser inte alltid är helt entydiga. Ett vattenkraftverk kan t.ex. betraktas som en flexibel produktionsresurs, men också som en produktionsanläggning med ett tillhörande gigantiskt lager i form av vatten i en kraftverksdam. Därutöver möjliggör nätutbyggnad och systemkomponenter att hantera systemets behov av flexibilitet.

3.2.1 Elnätsrelaterade lösningar

Elnätsrelaterade lösningar handlar om att tillgodose tillräcklig överföringskapacitet, möjliggöra anslutningar av tillkommande förbrukning och produktion samt säkerställa att elnätets funktion upprätthålls. När det gäller tillräcklig nätkapacitet skiljer man mellan nätutbyggnad och kapacitetshöjande åtgärder.

Ett väl utbyggt elnät ökar kraftsystemets flexibilitet på såväl lokal, regional, nationell som internationell nivå. En ökad överföringskapacitet med utbyggda transmissionsledningar både inom Sverige och mot övriga Europa är en förutsättning för att kunna upprätthålla balans i ett kraftsystem som genomgår en snabb och genomgripande förändring. På europeisk nivå genomförs flera projekt för att öka integrationen mellan nationella elsystem för att möjliggöra en integrering av förnybar, variabel elproduktion och fasa ut fossila bränslen.

För svensk del innebär ökad överföringskapacitet i transmissionsnätet att fler kraftverk över ett större geografiskt område blir tillgängliga vilket jämnar ut variabiliteten från vind- och solkraft, så att den ökande efterfrågan i högre utsträckning kan mötas med inhemska resurser, samt att det blir mindre prisskillnader mellan norra och södra Sverige. Genom att bygga ut nätet ökar den svenska leverans- och driftsäkerheten eftersom produktion och reglerresurser blir tillgängliga över större områden.

På regional och lokal nivå blir betydelsen av nätkapacitet större eftersom det geografiska området är mindre. För att ansluta stora mängder vind- eller solkraft måste nätet möjliggöra att elen kan transporteras dit den används eller exporteras till övriga

³⁴ * och ** i figuren betyder "som bidrar med rotationsenergi"

Sverige när produktionen överstiger det regionala behovet. På samma sätt utgör nätutbyggnad ett beprövat och i många fall kostnadseffektivt alternativ till lokal elproduktion eller andra lokala resurser för att tillgodose ett ökat effektbehov.

Flaskhalsar kan uppstå i såväl lokal-, region- som stamnät, och de olika nätnivåerna står inför olika typer av utmaningar under kommande decennier. I lokalnäten kan flaskhalsar uppstå när det sker snabba förändringar i ett begränsat område, som till exempel vid anslutning av solkraft eller etablering av snabb laddinfrastruktur för elbilar, där enskilt höga effektbehov kan innebära ansträngningar där nätet inte är väl utbyggt. Flaskhalsar inom lokalnätet går i de flesta fall relativt snabbt att bygga bort inom lokalnätbolagens dagliga verksamhet, varpå det på sikt troligen inte kommer att vara problem med flaskhalsar inom lokalnätet, utan problematiken snarare kommer att uppstå högre upp i nätet. För att motverka inbromsningar på kort sikt behövs dock en proaktiv planering och en tät dialog mellan nätbolag och exploitörer.

På region- och stamnätsnivå tar det väsentligt mycket längre tid att bygga ut/bygga om elnätet än vad det gör på lokalnätsnivå. Flaskhalsar som uppkommer på denna nätnivå kan därför ta längre tid att bygga bort. Region- och stamnätsnivåerna påverkas även mer än lokalnäten av Energimarknadsinspektionens utökade funktionskrav på elkvalitet³⁵. Uttags- och gränspunkter där det är möjligt att överföra mer än 2 MW har hårdare krav på att nätföretaget snabbt ska återställa lasten vid ett avbrott. Ju högre den möjliga överföringseffekten är, desto kortare avbrottsstid tillåts. Vid nya förfrågningar måste det därför finnas tillräckligt med redundans i nätet för att klara av minst en större avvikelser (så kallat N-1-kriterie). De kapacitetsproblem som uppstått omkring flera svenska storstadsregioner under de senaste åren har framförallt berott på flaskhalsar i region- eller stamnät, som berott på en kombination av ökad elanvändning och nedläggning av lokal elproduktion i områdena. För att undvika att liknande situationer uppstår och möjliggöra nya etableringar och industrisatsningar behöver samhällets aktörer ha en samsyn om vad som behövs eller är eftersträvansvärt i elnätet. Ett verktyg för att uppnå detta är nätutvecklingsplaner. I EUs Elmarknadsdirektiv (EU 2019/944) anges att nätföretagen, inklusive Svenska kraftnät ska ta fram nätutvecklingsplaner åtminstone vartannat år. Nätutvecklingsplanerna ska vara transparenta, och genom att berörda aktörer, såsom kommuner, regioner och större förbrukare och producenter engagerar sig i nätutvecklingsplanerna finns både möjlighet att bättre följa hur kapacitetsbehovet utvecklas och nå samsyn kring förväntningar. Här kan alltså regionerna göra viktiga inspel i den planeringen och gemensamma synen på framtidsscenarier. Förutom detta kan regionala aktörer underlätta för en kostnadseffektiv nätutbyggnad genom att verka för kortare tillståndsprocesser, som idag i hög grad påverkar ledtiderna för utbyggnad av region- och stamnät. Med kortare ledtider minskar behovet av långsiktig planering, och de stora osäkerheter som är kopplade till planering på lång sikt kan minskas. Implementeringen av direktivet behandlas nu hos infrastrukturdepartementet och i dagsläget har Energimarknadsinspektionen ingen information om när kravet på nätutvecklingsplaner kan vara implementerat i ellagen³⁶.

3.2.2 Elproduktionsrelaterade lösningar

Traditionellt har kraftsystemets behov av flexibilitet hanterats med hjälp av produktionsanläggningar med god förmåga att snabbt öka eller minska produktionen efter kraftsystemets behov, det vi idag kallar för planerbar eller flexibel elproduktion. Flexibel produktion i kraftsystemet är en mycket viktig lösning och kan exempelvis utgöras av vattenkraft, kraftvärme och gasturbiner men i viss mån även kärnkraft. Förutsättningarna för att snabbt reglera elproduktionen skiljer sig åt mellan olika produktionskällor, både tekniskt och ekonomiskt. Likaså skiljer sig hindren mellan de olika kraftslagen för att utnyttja deras fulla potential i det framtida kraftsystemet. Samtidigt vet vi att vi framförallt behöver betydligt mer elproduktion som en konsekvens av den ökande elanvändningen och att det mest sannolika är att merparten av den tillkommande produktion består av vindkraft, antingen på land eller hav.

Svaret på vilken teknisk produktionslösning som är bäst lämpad för att tillgodose marknaden med effekt (flexibilitet) är inte entydigt, utan det finns fog att anta att lösningen kommer vara en kombination av olika kraftslag och teknologier. Däremot är det relevant att diskutera hur stor andel av behovet som respektive teknik tillgodoser. Utvecklingen är delvis beroende av politiska beslut men även teknisk utveckling. På en konkurrensutsatt marknad är det slutligen vilka ekonomiska incitament

³⁵ EIFS 2013:1, 4 kap, 1§

³⁶ Energimarknadsinspektionen, 2021, Nätutvecklingsplaner – vad är det och vad vet Ei just nu? <https://www.ei.se/om-oss/nyheter/2021/2021-05-26-natutvecklingsplaner---vad-ar-det-och-vad-vet-ei-just-nu> [2021-07-01]

som finns för att investera i olika lösningar och kraftslag som avgör vilka lösningar som realiserar. Oavsett vilket eller vilka alternativ som kommer att tillgodose behovet med flexibilitet så krävs långsiktig lönsamhet, effektivitet samt tillgänglighet.

Idag utgörs den svenska elproduktionen huvudsakligen av vattenkraft, kärnkraft och vindkraft, och på nationell nivå är det framförallt vattenkraft och kärnkraft som bidrar med balansering, stödtjänster för frekvensreglering, spänningsstabilitet och rotationsenergi. På lokal och regional nivå har kraftvärme och vattenkraft en betydelsefull roll då den finns nära förbrukaren och bidrar med lokal, planerbar elproduktion, vilket minskar behovet av effekt från överliggande nät. I Gävleborg finns kraftvärme i Gävle och som industriell kraftvärme bland annat på Bomhus kraftvärmeverk på 90 MW eleffekt, Holmen Iggesund (75 MW), Stora Enso Skutskär (46 MW) och Vallviks bruk (31 MW).

Hur kan kraftvärmens potential utnyttjas?

Det finns potential att öka elproduktionen i kraftvärmen, men detta innebär vanligen att värmeproduktionen reduceras och därför krävs att intäkterna för den ökade elproduktionen måste vara högre än kostnaden för alternativ värmeproduktion som behöver finnas tillgänglig. Kraftvärmens främsta utmaning är att få lönsamhet i nyinvesteringar. För att öka incitamenten för mer elproduktion, och i synnerhet för nyinvesteringar, måste ersättningen för elen spegla värdet av behovet av el och systemtjänster under ansträngda situationer. Samtidigt kan en ökad förståelse för kraftvärmens betydelse spela roll för dess utveckling. Här kan regionerna spela en viktig roll i kommunikationen.

Även gasturbiner skulle kunna användas för att tillföra flexibilitet till kraftsystemet. Då gasturbiner snabbt kan starta och nå hög effekt är de lämpade för effekthållning och reglering av elsystemet. Gasturbiner kan användas i stor skala (hundratals megawatt) och är mer uthålliga än de flesta andra reservkraftslag och energilagringsteknologier. På lokal nivå kan gasturbiner bidra med ökad tillgänglig effekt, vilket kan vara en lösning till lokal kapacitetsbrist eller innebära att kostnader för nätutbyggnad kan undvikas. Elproduktion från gasturbiner har dock höga marginalkostnader jämfört med de dominerande kraftslagen i Sverige, och elproduktionen från en utbyggnad av gasturbiner skulle därför, av marknadsmässiga skäl, vara väldigt liten. Gasturbiner kan däremot utgöra en enkel lösning för att bidra med effekt under topplasttimmarna, både på nationell och lokal nivå. På grund av den låga elproduktionen krävs dock fortfarande nätutbyggnad för att tillgodose det mer uthålliga effektbehovet, och gasturbiner ska därför snarare ses som en reserv för att klara av få timmar med ett väldigt högt elbehov än ett långsiktigt alternativ till nätutbyggnad.

Vindkraft och solkraft är de snabbast växande energislagen och väntas utgöra merparten av den tillkommande elproduktionen. Vind- och solkraft bidrar med lokal, fossilfri elproduktion, och låga marginalkostnader innebär lägre spotpriser på el. Samtidigt är elproduktionen väderberoende, vilket gör att produktionen måste kombineras med andra flexibilitetsresurser.

Solkraft och vindkraft kan teoretiskt bidra med flexibilitet. Dessa är inte synkront inkopplade till elnätet, men det är i princip möjligt att utvinna en sorts syntetisk rotationsenergi från icke-synkrona produktionsresurser. Denna rotationsenergi är inte ekvivalent med traditionell mekanisk rotationsenergi. Syntetisk rotationsenergi skulle kunna vara effektiv vid stora frekvensfall, men kan troligtvis inte ersätta den mekaniska rotationsenergin fullt ut, bland annat för att det är en reglerteknisk utmaning att hantera små frekvensavvikelser. Vindkraftsleverantörer har visat att ett vindkraftverk kan öka sin uteffekt under en begränsad tidsperiod efter ett frekvensfall, men att kraftverken därefter behöver en återhämtningsperiod där uteffekten är lägre än innan frekvensfallet. För att syntetisk rotationsenergi skall kunna användas i stor skala behövs dock mer utförliga undersökningar om hur och när den ska avropas. Vidare behövs förändringar i regelverken. Det saknas idag krav eller ekonomiska incitament för vindkraftsproducenter att investera i utrustning som möjliggör syntetisk rotationsenergi. I vissa delar av världen ställs dock sådana krav. Exempelvis ställs det krav i vissa delar av Kanada (Quebec) att nya vindkraftverk skall kunna reagera med en sorts tröghet vid frekvensfall.

När elproduktionsrelaterade lösningar diskuteras i kontexten elnätskapacitetsutmaningar så är det dock inte bara tekniska aspekter och möjligheten att leverera systemtjänster som bör beröras. Många av de utmaningar som aktörer i Gävleborg nämner kopplar an till tillståndsprocesser och miljöprövningar, problem som speglas runt om i landet. De lösningsförslag som

nämnts inom ramen för intervjustudien i detta projekt, lyfts även av Energiföretagen i deras återkoppling på regeringens elektrifieringsstrategi³⁷. Några av punkterna inkluderar:

- Tillsätt extra resurser till Energimarknadsinspektionen, Lantmäteriet och Länsstyrelserna
- Ökade resurser för miljöprovning
- Avvägning klimatnytta i tillståndsprövningen (miljöbalken)

Flera vindkraftsaktörer som är aktiva i Gävleborg beskriver att det, likt i resten av landet, finns ett visst motstånd mot ytterligare vindkraftsetableringar från kommuner såväl som privatpersoner. Denna bild bekräftas av flera kommuner i regioner som beskriver att den lokala nyttan av elproduktionen i vissa fall inte anses vara i proportion till den exploatering som sker i samband med uppförandet av vindparkerna. En eventuell lösning på denna problematik kretsar snarare kring kommunikation och ekonomiska incitament än kring tekniska faktorer.

I Sverige har diskussion kring den lokala nyttan av vindkraften, ofta ur ett monetärt perspektiv, debatterats sen flera år tillbaka. Den enda direkta ersättningen till det lokala samhället är i dagsläget en frivillig så kallade ”bygdepeng” som i regel betalas ut som en fast summa eller som en andel av bruttovärdet av den producerade elen. Diskussionen kring någon form av produktionskatt, som Norge historiskt har tillämpat på vattenkraft och där nu förutsättningarna för att tillämpa den på vindkraft även utreds, har dock blivit allt hetare i och med att vindkraftsutbyggnaden i Sverige blivit allt mer omfattande.

Inom ramen för den nationella vindkraftsstrategin³⁸ har Energimyndigheten i korthet även analyserat åtgärder för lokal nytta vid vindkraftsetableringar. De åtgärder för lokal nytta som oftast förekommer i debatten i Sverige handlar enligt Energimyndigheten om lagstadgat bygdemedel, alltså en vidareutveckling av nuvarande frivilliga bygdemedel, och återförd fastighetskatt till kommunerna³⁹. En annan alternativ åtgärd, som dock inte diskuteras i samma utsträckning i Sverige, är ett lokalt delägande i vindkraftsparker.

Energimyndigheten nämner i sin rapport tre olika förslag för hur den lokala nyttan skulle kunna ökas framgent:

- **Fortsatt frivillig bygdepeng med kompletteringar eller lagstadgade bygdemedel (i praktiken en produktionsavgift)**
 - Vad beträffar bygdemedel ser Energimyndigheten två olika utvecklingsvägar, dels lagstadgade bygdemedel likt vattenkraften, dels att fortsätta det pågående arbetet med att utveckla formerna för frivilliga överenskommelser av bygdemedel genom Garantiamodellen.⁴⁰
- **Lokalt ägande via kooperativ möjligt men tillsynes lågt intresse**
 - Kooperativt ägande är bra för att skapa allmänt engagemang för vindkraft men för att skapa lokal acceptans är det viktigt att erbjudande om fördelaktigt delägande riktas till lokalinvånarna. Med en lagstiftning likande Køberetsordningen är detta möjligt att uppnå men dagens ägarbild talar för att intresset för olika typer av privat delägande är svagt.⁴¹
- **Förflyttning av fastighetskatt till kommuner möjligt men svårt**

³⁷ https://www.energiforetagen.se/globalassets/dokument/elektrifiering/energiforetagen-inspel_elektrifieringsstrategin-hinder-och-atgarder-slut-210514.pdf

³⁸ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/er-2021_02.pdf

³⁹ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/atgarder-for-lokal-nytta-vid-vindkraftsetableringar_20210218.pdf

⁴⁰ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/atgarder-for-lokal-nytta-vid-vindkraftsetableringar_20210218.pdf

⁴¹ http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/atgarder-for-lokal-nytta-vid-vindkraftsetableringar_20210218.pdf

- Utmaningar som är kopplade till denna åtgärd är att den förefaller vara svår att genomföra, mot bakgrund av den troligen innebär att det krävs ändringar i det kommunala utjämningsystemet.⁴²

Det är Swecos bild, som Energimyndigheten även antyder, att någon form av utveckling av byggedpen (frivillig med kompletteringar eller lagstadgat) är det mest troliga förslaget som kommer att tillämpas för att den lokala nyttan av vindkraften ska öka.

En liknande diskussion förs i vårt grannland till väst, där Norge historiskt har tillämpat produktionsskatt på vattenkraft och där nu förutsättningarna för att tillämpa den på vindkraft har utretts. Den norska regeringen meddelade i början av maj att de planerar att införa en produktionsskatt för vindkraften, men något slutgiltigt beslut eller strukturen på hur skatten ska beräknas är ännu ej fastställt⁴³. Tre alternativ för hur skatten skulle kunna beräknas har givits:

- En skatt per producerad kWh från vindkraftsparken ifråga
- En skatt baserad på bruttoomsättningen från vindkraftsparken ifråga
- En skatt baserad på vindkraftsparkens installerade kapacitet

Den föreslagna skatten föreslås omfatta landbaserad vindkraft och tillfaller staten som sedan fördelar den till de berörda kommunerna. Någon liknande diskussion har inte riktigt tagit fart i Sverige i samma omfattning, men det är inte osannolikt att ersättningen till kommuner och lokala samhällen även i Sverige kommer att omformas under de kommande åren.

Hur skulle vind- och solkraft kunna användas bättre i kraftsystemet?

En övergripande geografisk planering kan förbättra kraftsystemets förmågor. En bättre geografisk spridning av de förnybara teknologierna skulle också innebära en något jämnare elproduktion över landet samt en något högre tillgänglig effekt, vilket även gäller för kombinationen landbaserad och havsbaserad vindkraft.

Utred potentialen av produktionsnära energilager, t.ex. vätgas eller batterilager för svenska förhållanden. Det finns en stor potential för kombinationen av variabel elproduktion och energilager nära varandra. Dessa möjligheter behöver utredas och testas i pilotprojekt i Norden, där det finns speciella förutsättningar med den stora andelen vattenkraftproduktion som skiljer sig från t.ex. kontinenten eller UK. Den lösningen nämns även av aktörer i Gävleborg. Det bör även utredas i vilken grad man på längre sikt borde kravställa produktionsnära energilager för variabel elproduktion.

Genom att skapa ekonomiska incitament och tydligare krav från myndigheter kan och bör (enligt EU:s nätkoder) sol- och vindkraft bidra med reaktiv effekt och därmed till spänningshållningen. Syntetisk rotationsenergi är likaså något som behövs ges ekonomiska incitament för att bidra till frekvenshållningen. Med det menas att det ska vara ekonomiskt fördelaktigt att investera i sådana komponenter som ger kraftverken de förmågorna.

Då det i framtiden väntas finnas ett behov av nedreglering och en ny reserv (FCR-D för nedreglering) inom kort kommer etableras i Sverige (och andra nordiska länder) för just detta, ges möjlighet till exempelvis vindkraftsägare att delta på den marknaden och få ersättning när de spiller elproduktion. Detta är ett exempel där ekonomiska incitament finns för vind- och solkraft att bidra med flexibilitet.

Precis som för vattenkraften påverkas investeringsförutsättningarna för landbaserad vindkraft i norra Sverige av att tillräckligt med överföringskapacitet finns mellan områden med underskott och överskott samt mellan områden med mycket variabelt åt ena och mycket planerbar produktion åt andra sidan, främst snitt 2 mellan SE2 och SE3. Om vindkraftresurserna i norra Sverige ska kunna byggas ut utöver de parkerna som idag är under konstruktion eller har investeringsbeslut fattad krävs det en mer proaktiv nätplanering.

⁴² http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/strategi-for-hallbar-vindkraftsutbyggnad/atgarder-for-lokal-nytta-vid-vindkraftsetableringar_20210218.pdf

⁴³ <https://wiersholm.no/en/newsletter/changes-in-the-wind-farm-tax-regime>

3.2.3 Efterfrågerelaterade lösningar

Elanvändare kan välja att bidra med lösningar som antingen avlastar kraftsystemet helt genom att avstå från att använda el för den funktionen som de efterfrågar, exempelvis värme, eller med flexibilitet genom att ändra sin förbrukning givet olika styr signaler och incitament, så kallad efterfrågefleksibilitet. Lösningar som avlastar kraftsystemet helt skulle vara att byta från elvärme till fjärrvärme och – åtminstone på transmissionsnätets nivå – förbättra effekt- och energibalansen inom ett elområde genom att attrahera ny förbrukning till områden med ett stort överskott av produktion.

Efterfrågefleksibilitet kan komma från mindre hushåll till större industrier och i teorin bidra med denna typ av flexibilitet. I stort kan elanvändarens flexibilitet delas upp i tre olika typer av efterfrågefleksibilitet: elanvändaren kan öka sin elanvändning, minska den eller flytta den till en annan tidpunkt. Om elanvändare exempelvis minskar sin elanvändning då nätet som helhet är hårt belastat och ökar sin förbrukning då det finns ett energiöverskott bidrar de till att jämna ut nätets belastningsprofil och öka flexibiliteten i nätet. På samma sätt kan smart laddning av hybrid- eller elbilar bidra till att avlasta systemet.

Efterfrågefleksibilitet hos hushåll, elbilar och fastigheter kan typiskt hantera förändringar i lokalnät och bidra med flaskhals hantering och systemtjänster på lokalnätets nivå. Initialt bör detta kunna göras med incitamentsskapande tariffer och senare med marknadsplatser (drivna i samarbete mellan lokal/regionnätoperatörer och stamnätoperatör). Hushåll – till exempel via styrning av värmepumpar - och fastigheter kommer att kunna bidra med flexibilitet på ett snarligt sätt, skillnaden ligger framförallt i vilken typ av beslutsprocesser som krävs.

Efterfrågefleksibilitet hos industri kan istället bidra till att underlätta topplastsituationer samt för att hantera flaskhalsar i region/transmissionsnät, givet att industrin ofta har svårt att vara allt för flexibla. Det finns ett flertal anledningar till varför industrin inte kan eller vill vara flexibla. En tydlig anledning är att det kan störa produktionen, vilket kan leda till att man inte kan leverera enligt de åtaganden man har mot slutkund. Det kan också vara så att processerna är känsliga för de störningar som kan uppstå i och med neddragningar eller stopp, alternativt att slitaget på anläggningarna ökar. Dessutom är kunskapsnivån hos industriföretag varierande, vilket kan utgöra en barriär för industrier att bidra med efterfrågefleksibilitet. Industriföretagen menar på att beslutet att bidra med efterfrågefleksibilitet eller inte måste vara frivilligt, att det inte får påverka möjligheterna att leverera till kund samt att det måste vara lönsamt. De påpekar även att det är svårt för industrier med ett kontinuerligt och inflexibelt effektuttag att bidra med förbrukningsflexibilitet. I genomförda intervjuer med industriella aktörer i Gävleborg visade det sig dock finnas mer tillgänglig flexibilitet än förväntat.

Hur kan efterfrågesidans potential för kraftsystemet utnyttjas bättre?

Att utnyttja hela potentialen för efterfrågerelaterade lösningar i kraftsystemet betyder också att se över den geografiska fördelningen av elanvändningen i tillsammans med elproduktionen.

Effekt- och energibalansen inom ett elområde kan förbättras och skillnader mellan elområden kan i viss mån jämnas ut genom att attrahera ny förbrukning till områden med ett stort överskott av elproduktion. Det minskar behovet för att exportera el från överskottsområdet och därmed behovet för utbyggnad av transmissionsnätet samtidigt som det hjälper att hålla elpriset för producenterna på en stabil nivå. För att detta ska ske behövs det att elproducenterna i överskottsområdet tar initiativet men också att attraktiva affärsmässiga förutsättningar för nya elförbrukare finns.

Efterfrågefleksibilitet kan främjas med olika instrument för olika stora aktörer. Det finns några produkter och marknadsplatser anpassade för större aktörer redan idag som kan utgöra incitament för flexibilitet (spot/intra-dag, effektreserv, mFRR) men dessa kan behöva anpassas för att främja efterfrågefleksibilitet ytterligare. Utöver redan etablerade marknader så har arbetet med lokala marknader för handel med flexibilitet påbörjats på ett par platser i landet, bland annat genom pilotprojekten CoordiNet⁴⁴ och Sthlmflex⁴⁵. Dessa lokala marknadsplatser kommer troligen att vara ett bra komplement där mindre aktörer kan bidra med sin flexibilitet för att avlasta elnätet under ansträngda situationer. Nästa steg efter utförande av piloterna är att utvärdera dessa för att se hur de kan införas på bredare skala i Sverige.

⁴⁴ CoordiNet, 2020: <https://coordinet-project.eu/pilots/sweden>

⁴⁵ Svenska kraftnät, 2020: <https://www.svk.se/sthlmflex>

Främja aggregatorer för att möjliggöra att mindre kunder kan delta på marknadsplatser för flexibilitet. För mindre användare, som exempelvis hushållskunder, är det inte möjligt för en enskild kund att styra elanvändning i de volymer som skulle krävas för att delta på marknadsplatser för flexibilitet. Genom att istället samla flera mindre kunder går det att nå upp till större volymer som skulle kunna delta på marknaden. För att nå den verkliga potentialen kommer det därför troligen att behövas någon form av aggregator som kan samla effekt från flera elanvändare. Tekniken som behövs för att mindre elanvändare ska bidra med flexibilitet finns redan i dagsläget och utvecklingen av denna går dessutom snabbt. Utöver detta börjar allt fler aggregatorer att synas på marknaden, något som dessutom kommer underlättas i och med införandet av EU-kommissionens lagstiftningspaket "Ren energi för alla i Europa" i Sverige⁴⁶.

Fjärrvärme som ersätter elvärme är och kan bli en ännu viktigare storskalig flexibilitetslösning för kraftsystemet, men fjärrvärmens konkurrenskraft hotas av både gällande och planerade regelverk. Mer fjärrvärme istället för elvärme kan minska elbehovet för uppvärmning under årets kallaste dagar och ansträngda situationer i TWh-klassen och med flera tusen MW. En ökad konvertering från elvärme till fjärrvärme innebär framförallt en betydande reduktion av efterfrågetoppar vintertid⁴⁷. Denna effekt kan dock även, om än kanske i mindre skala, fås genom att uppvärmning sker genom andra metoder, som till exempel pelletseldning och i viss grad genom byte till mer effektiv elvärme, till exempel värmepump. Vid konvertering av elbaserad uppvärmning till fjärrvärmebaserad uppvärmning finns det en naturlig begränsning i potentialen kopplad till fjärrvärmesystemets lokalisering. Fjärrvärmesystemet är inte utbyggt i gleset bebyggda områden varför exempelvis småhus som ligger långt utanför stadskärnor vanligtvis inte är ekonomiskt lämpliga att ansluta till fjärrvärme⁴⁸. Med mindre fjärrvärme i kombination med mindre kraftvärme skulle effektbalansen i SE3 och SE4 vara mycket sämre och kapacitetsbristen i elnäten vara akut i flera av våra städer. Men eftersom dessa övergripande fördelar för kraftsystemet inte spelar någon roll för den enskilda fastighetsägaren, väljer många nyproducerade fastigheter bort fjärrvärmerna. Energiföretagen konstaterar att behovet av eleffekt för uppvärmning skulle öka med i storleksordningen 9 till 11 GW, jämförd med dagens toppeffektbehov på 26 GW, om all fjärrvärme skulle ersättas med elbaserad uppvärmning.

Hur kan fjärrvärmens potential för kraftsystemet utnyttjas bättre?

Fjärrvärmens potential för förbättrad effektbalans finns framförallt i södra Sverige, men med dagens styrmedel är det osannolikt att dess potential realiserar. Många kunder väljer bort alternativet fjärrvärme till fördel för individuell uppvärmning och utan större ingrepp i vilka uppvärmningssystem som borde väljas kommer den trenden fortsätta.

Uppdatera byggregler och skapa jämna spelregler mellan tillförd och byggnadsanknuten energi. Idag är det möjligt att uppnå en högre energieffektivitet trots att fastigheten fortfarande har samma energianvändning genom att byta fjärrvärme mot en värmepump. Regelverk måste vara teknikneutrala och här är uppdaterade byggregler, som ger jämnare spelregler mellan tillförd och byggnadsanknuten energi, viktiga.

För att utnyttja hela potentialen i fjärrvärmerna i samspel med kraftvärme och fjärrkyla bör en sammanhållen svensk strategi med långsiktigt stabila och teknikneutrala villkor tas fram.

3.2.4 Energilager

Energilager är, tillsammans med ett välplanerat elnät och utvecklat regelverk kring sin tillämpning av stor strategisk betydelse för att uppnå Sveriges högt uppsatta energi- och klimatmål, eftersom lagringsmöjligheten tillför flexibilitet i elsystemet. Energilager kan användas för frekvensreglering, för att hantera tillfälliga produktionstoppar- och dippar i kraftsystemet, men även för säsongslagring där solkraft producerad under sommaren lagras för förbrukning under

⁴⁶ Energimarknadsinspektionen, 2020, Ei 2020:02. Ren Energi inom EU – Ett genomförande av fem rättsakter.

⁴⁷ Sweco: 100 % förnybart med fjärrvärme och kraftvärme, 2019

⁴⁸ Sweco: 100 % förnybart med fjärrvärme och kraftvärme, 2019

vinterhalvåret. Energilager kan även användas i kombination med variabel elproduktion för att minska behovet av nätutbyggnad och uttag från överliggande nät.

Det finns många olika typer av energilager, några exempel är batterier, pumpkraft, och i framtiden troligtvis även power-to-gas och vehicle-to-grid. Pumpkraft är den vanligaste storskaliga energilagerteknologin och innebär att man pumpar upp vatten i vattenreservoarer ⁴⁹ under timmar med överskott/lågt pris på el, och släpper sedan ner genom älven och turbiner när man vill producera el. Elbaserad vätgasproduktion, som exempelvis väntas få en central roll för koldioxidfritt stål i framtiden, är en typ av power-to-gas där man bland annat genom elektrolys spjälkar vatten och sedan använder vätgasen i industriprocesser, alternativt i en bränslecell för att producera el. Vehicle-to-grid innebär att batterier i elbilar används som energilager som laddas upp och ur beroende på tid och behov. Energilagerteknologier befinner sig olika långt från kommersialisering. Generellt kan sägas att de har en del förluster i samband med att de laddas upp och ur, och gör därför mest nytta i system med stora skillnader på värdet av el vid olika tillfällen över dygnet.

Tabell 7. Översikt av lagringstekniker och deras egenskaper och tillämpningsområden. *Källa: Sweco*

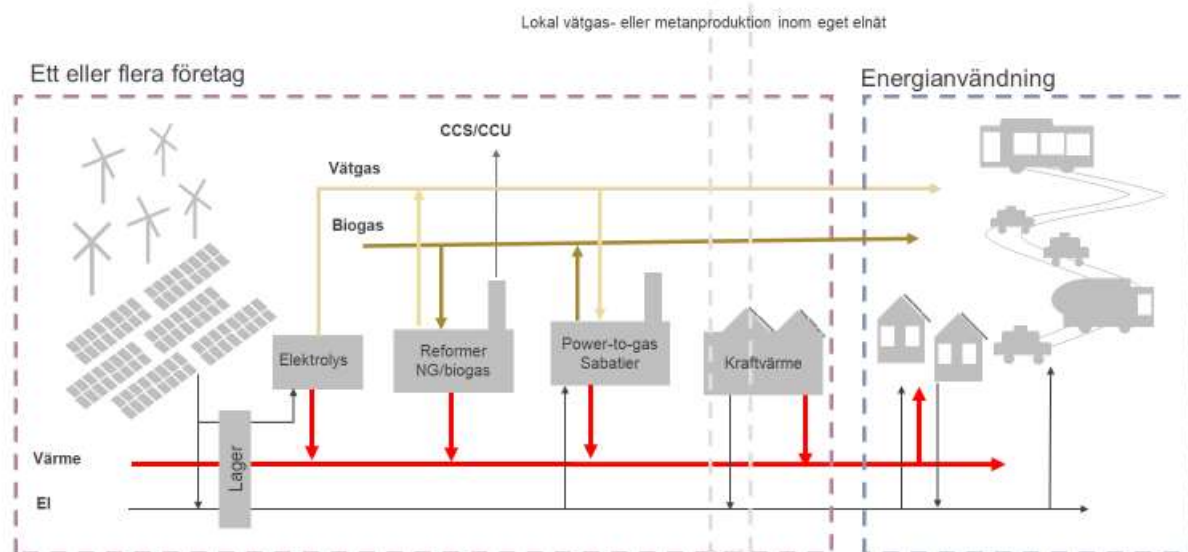
Lagringsteknik	Pumpvattenkraft	Tryckluft	Power to Gas (metan)	Svänhjul	Flödesbatterier	Litiumjonbatterier
Fördelar	<ul style="list-style-type: none"> Hög kapacitet Låg relativ kostnad Storskalig lagring 	<ul style="list-style-type: none"> Hög kapacitet Låg relativ kostnad Storskalig lagring 	<ul style="list-style-type: none"> Möjlighet för storskalig lagring i gasnät 	<ul style="list-style-type: none"> Snabb respons Hög effekt 	<ul style="list-style-type: none"> Skalbar lagringskapacitet 	<ul style="list-style-type: none"> Hög energitäthet Hög effekttäthet
Nackdelar	<ul style="list-style-type: none"> Krav på höjdskillnad Naturingrepp Låg energitäthet 	<ul style="list-style-type: none"> Kräver naturliga förutsättningar och gasturbinkraftverk Låg energitäthet Låg verkningsgrad 	<ul style="list-style-type: none"> Låg verkningsgrad 	<ul style="list-style-type: none"> Snabb självurladdning Låg energimängd 	<ul style="list-style-type: none"> Hög kostnad Låg mobilitet Pre-kommersiellt stadie 	<ul style="list-style-type: none"> Fortfarande relativt hög kostnad Viss säkerhetsrisk
Tillämpningsområde	<ul style="list-style-type: none"> Säsongslagring Reglerkraft Nätstabilisering 	<ul style="list-style-type: none"> Dygnslagring Nätstabilisering Komplement till nätinvestering 	<ul style="list-style-type: none"> Säsongslagring Reglerbar last 	<ul style="list-style-type: none"> Reglerkraft Black-start Elkvalitetstjänster 	<ul style="list-style-type: none"> Dygnslagring Nätstabilisering Komplement till nätinvestering Black-start 	<ul style="list-style-type: none"> Dygnslagring Komplement till nätinvestering Black-start Reglerkraft
Effekt [MW]	100-500	10-100	0,1-100	0,001-1	0,1-100	0,1-0,3
Lagringstid	1-24 h	1-24 h		0,1-20 min	<10 h	< 8 h
Livslängd	30-60 år	25-40 år	7-10 år	20 år	10 000– 20 000 cykler	1 000-10 000 cykler
Självladdning [%/dygn]	< 0,5	0-10	Försumbar	Max timlagring	0,2	0,1-0,3
Responstid	s-min	s-min	s-min	ms-s	ms-s	ms-s
Energitäthet [Wh/l]	0,2-2	2-6	700 (80 bar)	20-80	20-70	120-760
Effekttäthet [W/l]	0,1-0,2	0,2-0,6		5 000	0,5-2	1 000- 10 000
Verkningsgrad [%]	70-85	40-70	45-55	70-95	60-85	85-95

Vätgas kan produceras av el eller genom ångreforming av biogas till vätgas som sedan lagras och exempelvis används som drivmedel i bränslecellsdrivna fordon eller omvandlas till el när elbehovet är stort. Vätgas kan framställas lokalt av t.ex. solel genom elektrolys och säljas som drivmedel vid tankstationer och möjligheterna diskuteras mycket i Gävleborg. I likhet med övriga Sverige – där vätgasplanerna formligen exploderad under de senaste 1,5 åren - finns det betydande planer för vätgasproduktion i länet. Det finns en vision om att skapa ett svenskt "Hydrogen Valley" och enligt Vätgas Sverige kan Gävleborg bli en ledstjärna i Sverige inom detta område. Utöver att ett flertal industriaktörer överväger egen vätgasproduktion så indikerar även vindkraftsproducenter i länet att det kan komma att bli aktuellt med vätgasproduktion.

I ett bredare energisystemperspektiv kan de tre energibärarna el, vätgas och metan därför ha många synergier. De kan alla tre vara en bas för produktion av varandra, vilket gör en anpassning till marknadsbehov särskilt intressant. Tekniken möjliggör storskalig lagring i gasnät, har en snabb responstid och kan tillämpas för säsongslagring och som reglerbar last. Figur 45 illustrerar hur el, vätgas och metan kan samverka i ett lokalt energisystem. El till vätgas till el är i dagsläget inte

⁴⁹ Det finns även koncept för pumpvattenkraft i nedlagda gruvor

konkurrenskraftig på grund av de stora omvandlingsförlusterna som skulle sänka effektiviteten till cirka 30%, men tekniken kan vara ett alternativ framför allt vid stora kortsiktiga överskott av elproduktion eller lokala nätkapacitetsbegränsningar.



Figur 45. Hur el, vätgas, biogas och värme hänger ihop för energi- och transportsystemet. *Källa: Sweco*

Det finns många olika batteriteknologier och utvecklingen går snabbt. Batterier installeras redan idag antingen produktionsnära (i närheten av vindkraft- eller solkraftparker) eller konsumtionsnära i större fastigheter. Det är sannolikt att andelen batterier kopplade till småskalig solesproduktion kommer öka i framtiden som en konsekvens av sjunkande batteripriser och att lönsamheten för privatpersoner ökar.

Flödesbatterier är en typ av elektrokemiska batterier med flytande elektroder som kan lagras utanför battericellerna för att möjliggöra större lagringsvolym. Denna teknik har snabb responstid och en lång livslängd, men en låg energitäthet. Tekniken lämpar sig för lagring över dygn och tillämpningsområden som nätstabilisering, nätinvesteringar och black-starts. De skrymmande i och med att elektronerna lagras i stora tankar utanför battericellen och därmed lämpar de sig kanske främst för stationära applikationer. De har även något högre kostnader än andra batterier. Tekniska utmaningar kopplade till flödesbatterier innefattar att de utgörs av elektrolyter i flytande form som är lagrade i separata tankar. En låg energidensitet, 50–75 kWh/m³, kräver stora tankvolym och utgör en begränsning i hur stor mängd energisystemet kan leverera. Elektrolyterna består ibland av giftiga ämnen som brom.

En av de vanligast förekommande batterisorterna är **litiumjonbatterier**. Dessa har en hög energi- och effekttäthet och en hög verkningsgrad jämfört med flera andra batterityper. Detta gör dem yteffektiva och lämpliga för dygnslagring och därmed passar de för applikationer som frekvensreglering, senareläggning av nätinvesteringar och black-starts. Tekniska utmaningar kopplade till litiumjon-batterier innefattar att de är begränsade i sin momentana effektkapacitet.

En funktion för fordonsladdning som skulle kunna avlasta elnätet under tillfällena med höga effekttoppar är så kallad vehicle-to-grid (V2G), vilket innebär att ett laddbart fordon används likt ett energilager. Tekniken går ut på att energi både kan tillföras till batteriet och återföras från det. Det betyder att den energi som finns lagrad i fordonet kan återföras till nätet eller användas i det egna hushållet vid exempelvis en situation med produktionsunderskott eller ett strömavbrott.

Hur kan energilager realiseras i större skala i kraftsystemet?

Främja kraftsystemanalys och forskning för att identifiera systemets behov för energilager. Detta innebär att stödja utveckling av modeller som adopterar en både helhetlig och mer detaljerade syn på energilager och deras funktioner i kraftsystemet.

Med hjälp av modellerna bör potentialen för produktion- och konsumtionsnära energilager utredas, fastställas samt kommuniceras. En tydlig bild kring hur olika energilagringssystem kan fungera i kraftsystemet och på energimarknaden bör upprättas, där utvärdering av dess affärspotential ingår.

Det är viktigt att testa energilagerlösningar genom att främja pilotprojekt för olika typer av energilager inom olika delar av kraftsystemet, eventuellt med hjälp av regulatoriska sandlådor. Det kan handla om energilager i anslutning till elproduktion eller i anslutning till industriell produktion, konsumtionsnära eller helt nya lösningar som pumpkraft i gruvor. Detta för att testa funktionaliteten, förmågor som kan levereras och affärsmodeller. Då de nya energilagerteknologierna testas genom pilotprojekt kan regulatoriska barriärer upptäckas som då bör elimineras genom tillämpning av regulatorisk sandlåda.

Olika energilagerteknologier kommer behöva olika lösningar för att realiseras i större skala. Vätgas är endast en av de framtida energilagerlösningar, om än viktig storskalig. Vi vet idag att vätgas skulle etableras snabbare om det fanns en marknad för dess biprodukter såsom syrgas eftersom det skulle öka intäkterna. Dessutom kan metanolen som kan produceras av vätgas få avsättning genom att säljas som fordonsbränsle eller för diverse industriella applikationer. Det är också viktigt att komma ihåg att det kan vara ineffektivt om "alla" börjar producera vätgas och vill sälja till "alla andra". Det gäller att analysera och realisera de mest effektiva lösningar.

3.3 Gävleborgs utmaningar och lösningar

Inom ramen för detta projekt har ett antal utmaningar i Gävleborg identifierats. Vissa av dessa utmaningar är av mer lokal karaktär medan andra utmaningar är av mer nationell eller t.o.m. internationell karaktär. Kraftsystemet är komplext och sammankopplar olika delar av Sverige med varandra samt med närliggande länder, och medan man för vissa typer av utmaningar kan identifiera lösningar lokalt så behöver flera utmaningar sättas i ett nationellt eller till och med internationellt sammanhang. Nedan redogörs för sju identifierade utmaningar i Gävleborg samt potentiella lösningar till dessa utmaningar.

En utmaning som återfinns i Gävleborg, men som även existerar i stora delar av Sverige, är långa ledtider för elnätsutbyggnad och en låg acceptans för upprättande av luftledning. Speciellt i områden där det råder kapacitetsbrist innebär detta komplikationer för industrier eller elproducenter som vill ansluta eller utöka uttaget eller inmatningen i en viss punkt i elnätet. Samtidigt är det flera elnätsbolag i Gävleborg som anser att det finns en låg acceptans bland lokala aktörer och kommuner för upprättande av nya luftledningar, som ofta är en förutsättning för att mer el ska kunna levereras till ett visst område.

Potentiella lösningsförslag gällande ledtiderna för elnätsutbyggnad, som även lyfts av Energiföretagen i deras återkoppling på regeringens elektrifieringsstrategi⁵⁰, inkluderar:

- Tillsätta extra resurser till Energimarknadsinspektionen, Lantmäteriet och Länsstyrelserna
- Ökade resurser för miljöprövning
- I större utsträckning beakta avvägningen med klimatnytta i tillståndsprövningen (miljöbalken)

Potentiella lösningsförslag gällande låg acceptans för upprättande av luftledningar inkluderar:

- Att kommuner har tidiga dialoger med regionnätägare och Svenska kraftnät i sin översiktsplanering så att de förfrågningar och behov som finns i området kan tillgodoses.

En annan utmaning som återfinns i Gävleborg, men som även existerar i stora delar av Sverige, är att tillståndprocesserna för etablering av ny elproduktion, främst vindkraft, tar för lång tid enligt utvecklarna samt att dessa projekt ofta möter ett lokalt motstånd. Detta lokala motstånd beskrivs av vindkraftsaktörer dels komma från privatpersoner, men även från kommundienstämman som inte anser att den lokala nyttan som projektet medför står i proportion till den exploatering som etableringen innebär.

Potentiella lösningsförslag gällande de utdragna tillståndprocesserna inkluderar enligt vindkraftsaktörer:

- Ökade medel för de myndigheter som hanterar tillståndprocesser
- Översyn av den så kallade turordningsregeln där vissa typer av projekt med hög klimatnytta kan prioriteras

Potentiella lösningsförslag gällande den stundvis låga lokala acceptansen inkluderar:

- Att tydliggöra hur regionens industri- eller tillväxtpolitik hänger ihop med dess energipolitik för att säkerställa att den regionala och lokala näringsutvecklingen ska kunna ske på ett effektivt sätt.
- Stärkta ekonomiska incitament för lokalbefolkningen så som en utveckling av bygdgepengen

Stora tillkommande produktionspunkter på land och till havs utgör en ytterligare utmaning för Gävleborg. I takt med att teknikutveckling i vindkraftsindustrin fortsätter så kommer nya vindkraftsparker att ha turbiner som producerar mångfaldigt mer energi än deras motsvarande föregångare. Istället för att en turbin på land har en installerad effekt på 5–6 MW har nya turbiner på land en installerad effekt på 8–13 MW medan turbiner till havs förväntas ha effekter kring 15–25 MW. Större

⁵⁰ https://www.energiforetagen.se/globalassets/dokument/elektrifiering/energiforetagen-inspel_elektrifieringsstrategin-hinder-och-atgarder-slut-210514.pdf

tillkommande effekter i systemet kräver mer investeringar i elnät och transformatorstationer vilket i regel kräver mer tid och planering, något som kan leda till att den anslutande parten inte kan realisera projektet inom deras önskade tidsintervall.

Potentiella lösningsförslag gällande stora tillkommande produktionspunkter inkluderar:

- Ökad och förbättrad dialog mellan de involverade aktörerna där planerade projekt flaggas för så tidigt som möjligt.
 - Näringsliv, kommuner, nätbolag och myndigheter behöver i större utsträckning samverka
- Att kommuner har tidiga dialoger med regionnätägare och Svenska kraftnät i sin översiktsplanering så att de förfrågningar och behov som finns i området kan tillgodoses.
- Andra parametrar som kommer eller behöver förbättras är tillståndsprocesserna och flexibla abonnemang med tydliga prissignaler.

Stora tillkommande punktlaster med kort varsel är en utmaning för Gävleborg. Elektrifiering av befintlig industri, upprättandet av laddstolpar och tillkommande elintensiv industri innebär stora möjligheter men även utmaningar. Samtliga regionnätägare ser att storleken på förfrågningarna för uttag ökar och att de ibland är större än hela den nuvarande samhällsanvändningen i det området. Dessa stora effektutökningar på kort tid är ofta svåra att tillgodose inom det tidsintervall som elnätsbolagens kunder efterfrågar.

Potentiella lösningsförslag gällande stora tillkommande punktlaster inkluderar:

- Dialoger kring förbrukningsprognoser som skulle ske i flera led. Svenska kraftnät behöver underlag av regionnätbolagen som i sin tur behöver hjälp av kommuner och regioner för att kunna samla in information gällande kommande processer och etableringar.
- En tidig och kontinuerlig dialog med sitt regionsnätbolag. Det uppges att kommuner och andra aktörer bör initiera en dialog med elnätägare så fort man börjar planera någonting.

Vissa aktörer i Gävleborg efterfrågar mer transparens när det gäller kapacitetsläget i elnätet. Detta relaterar framförallt till kommuner och aktörer som vill etablera ny industriverksamhet i regionen som upplever att den information de får från elnätsbolagen i vissa fall är bristfällig eller otydlig. Det som aktörer i Gävleborg, men även i andra delar av landet, i korthet efterfrågar är en form av "effekt-karta" där den tillgängliga kapaciteten illustreras. Detta upplägg har elnätsbolag historiskt inte varit speciellt positiva till, på grund av att de kan missförstås eller snabbt förändras, men sådana önskemål bör enligt Sweco lyftas mellan de involverade aktörerna i en separat dialog.

Flera kommuner anser att det finns ett odefinierat ägarskap över länsövergripande kraftförsörjningsfrågor. En kommun uppges att kapacitetsfrågan är problematisk då ingen aktör i dagsläget har ett explicit ansvar för detta. Samma problematik lyftes även av en annan kommun som anser att det i dagsläget är oklart vem som är ansvarig för länsövergripande/mellanläns/nationella kraftförsörjningsfrågor. Detta är tyvärr inget problem som är unikt för Gävleborg utan organisationer runt om i Sverige, även inom energibranschen, tampas med denna fråga för tillfället. Utan ett tydligt ägarskap av frågan så riskerar hanteringen av problematiken att falla mellan stolarna eller att kontinuerligt försenas. Potentiella lösningsförslag från kommunerna inkluderade:

- Att regeringen borde utse någon som har ansvar för dessa typer av frågor.
- Att Länsstyrelsen och/eller Region Gävleborg tar ett större helhetsgrepp i frågan.

Ökad behov av dialog mellan olika parter var ett återkommande behov som lyftes i den intervjustudie som Sweco utförde. Detta berörde samtliga aktörstyper och bristerna låg dels i frekvensen av kommunikationen, dels i informationens kvalitet men även i en upplevd brist på tidig dialog proaktivitet och engagemang hos den andra parten. Nämnvärt är att i princip samtliga intervjuade aktörer inom ramen för intervjustudien efterfrågade mer proaktivitet – från en annan aktör. Denna utmaning är en aggregering av flera olika typer av problem och utmaningar som uppstår inom och mellan organisationer och kan inte hanteras med en enskild lösning. Tidig dialog om behov och möjligeter, fler gemensamma kontaktytor och ett ökat engagemang och en ökad samsyn skulle med all sannolikhet delvis adressera denna utmaning, något som stöds genom Arena Elkraft.