

Elinorr

Strategi för öppna elnät

Augusti 2024



ELINORR
ELNÄTBOLAG I SAMVERKAN

Innehåll

Innehåll	2
Sammanfattning	6
Vi skapar öppna elnät	6
Fokus och struktur	6
Kundförståelse.....	7
Övervaka osäkerheter och justera strategin	7
Handlingsplanen för öppna elnät	7
Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering	8
Standardisering.....	8
Nät drift, övervakning och stabilitet.....	8
Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet	9
1 Inledning.....	10
1.1 Förändringsfaktorer	10
1.2 Samverkande förändringsfaktorer	11
1.2.1 Megatrender	11
1.2.2 Ett förändrat beteende	11
1.2.3 Hållbarhet	11
1.2.4 Uppvärmningssektorn.....	11
1.2.5 Elektrifiering	12
1.2.6 Marknadsmodell.....	12
1.2.7 Kapacitetsbrist.....	13
1.2.8 Ukraina	13
1.2.9 EU.....	13
1.3 Anpassning av elnäten	14
1.4 Syfte och omfattning för denna strategi	14
1.5 Förstå strategins struktur.....	15
2 Strategins scenarier	16
2.1 Klimatmål	16
2.2 Trender och osäkerheter	16
2.3 Scenarier	17
3 Strategi för öppna elnät	21
3.1 Strategins mål.....	21
3.2 Strategins uppbyggnad	21

3.3	Kundförståelse.....	22
3.4	Övervaka osäkerheter och justera strategin	22
3.5	Handlingsplanen för öppna elnät	23
3.6	Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering	23
3.7	Standardisering.....	24
3.8	Nät drift, övervakning och stabilitet.....	24
3.9	Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet	24
4	Aktiviteter	26
4.1	Tabellerna.....	26
4.2	Kundförståelse.....	26
4.3	Övervaka osäkerheter och justera strategin	27
4.4	Handlingsplanen för öppna elnät	29
4.5	Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering	30
4.6	Standardisering.....	30
4.7	Nät drift, övervakning och stabilitet.....	32
4.8	Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet	33
5	Resultat.....	35
5.1	Elnätsbolagens utveckling	35
5.1.1	Initial	35
5.1.2	Begynnande	35
5.1.3	Utvecklad	35
5.1.4	Mogen	36
5.1.5	Ledande	36
5.2	Bidragande organisationer	36
5.2.1	Elinorr	36
5.2.2	Medlemsföretagen	36
5.2.3	Andra organisationer	36
5.3	Kundförståelse.....	36
5.3.1	Luleå Tekniska Universitet.....	36
5.3.2	Drift-, beräknings- och GIS-system	37
5.3.3	Minskad sammanlagring.....	37
5.4	Övervaka osäkerheter och justera strategin	37
5.4.1	Vätgas.....	37
5.4.2	Elektrobränslen.....	38
5.4.3	Produktionskostnad för el.....	38

5.4.4	Utveckling av industriella processer	38
5.4.5	Solceller och energilager	38
5.4.6	Prisutveckling för vindkraft.....	39
5.4.7	Prisutvecklingen på elbörsen	39
5.4.8	Installationen av solceller och energilager per elnätsområde	40
5.4.9	Oberoende energitjänster	40
5.4.10	Sveriges kraftbalans	40
5.4.11	Sveriges elenergibalans	41
5.4.12	Kapacitetsbrist	41
5.4.13	Migrationen och dess inverkan på elförbrukningen	42
5.4.14	Digitalisering och artificiell intelligens (AI).....	42
5.4.15	Andelen elfordon	43
5.4.16	Utveckling inom fordonsteknik	43
5.4.17	Teknik för att kyla och värma upp lokaler samt varmvatten	43
5.4.18	Utveckling av off-grid-lösningar	43
5.4.19	Smarta elnät.....	44
5.4.20	Utvecklingen kring tillämpningar av blockkedjetekniken för elmarknaden.....	45
5.4.21	Uppstickare på elmarknaden.....	45
5.4.22	Användning av bioenergi	45
5.4.23	Covid-19	45
5.4.24	Ren energi för alla i Europa.....	45
5.4.25	REPowerEU.....	46
5.4.26	Fit for 55	46
5.4.27	Kommissionens Grid Action Plan.....	46
5.4.28	Likströmsnät.....	47
5.4.29	Förändringar i IKN-förordningen	47
5.4.30	Tamarinden	47
5.4.31	Futurum fastigheter	48
5.4.32	Kostnad för ny kärnkraft.....	48
5.4.33	Tidöavtalet	48
5.5	Handlingsplanen för öppna elnät	49
5.5.1	Flexibilitetstjänster	49
5.5.2	Ei.....	49
5.5.3	Marknadsplattformar.....	49
5.5.4	Coordinet.....	50

5.5.5	Sthlmflex	50
5.5.6	Effekthandel Väst	50
5.5.7	UppFlex	51
5.5.8	Örebrobostäder	51
5.5.9	FlexGrid	51
5.5.10	Villkorade avtal	51
5.6	Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering	52
5.6.1	Ei:s tariffutredning	52
5.6.2	Elnätstariffer för energilager	52
5.6.3	Ett förändrat regelverk för framtidens el- och gasnät.....	52
5.6.4	Rättsläget sommaren 2024	53
5.7	Standardisering	53
5.7.1	Nätkoder	53
5.7.2	EU DSO Entity.....	54
5.7.3	Apparatstandarder.....	54
5.7.4	EBR	54
5.8	Nät drift, övervakning och stabilitet.....	55
5.8.1	Nätstationsautomation	55
5.8.2	System för nät drift.....	55
5.8.3	Indikatorer för smarta elnät	56
5.9	Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet	56
5.9.1	Förståelse av elnäten.....	56
5.9.2	Anläggningsförvaltning.....	56
5.9.3	Simris-projektet	56
5.9.4	Arholma	57
5.9.5	Laddning av elfordon.....	57
5.9.6	Tillståndsprocesser	58
5.9.7	Nätutvecklingsplaner	58
5.9.8	Spänningsreglering	58

Sammanfattning

Vi skapar öppna elnät

...där slutkunder och marknadsaktörer kan ansluta och använda all den utrustning de önskar, särskilt distribuerad produktion, energilagring och ny förbrukning, med beaktande av kostnadsriktighet, driftsäkerhet, standardisering och tekniska förutsättningar.

År 2030 kan nuvarande och nya slutkunder samt marknadsaktörer använda all den utrustning de önskar och ansluta den till de handelsplatser som elnäten utgör.

Sveriges lokalnätägare står inför många osäkerhetsfaktorer. Elinorr har därför studerat olika scenarier för framtiden. Detta syftar till att positionera lokalnäten för att effektivt möta kundernas framtida behov. Lokalnäten måste planera och utveckla sina verksamheter på ett sätt som bibehåller en stor flexibilitet under en period av snabb förändring.

Strategin ger också intressenterna en sammanhängande vision för distributionsnätets framtida roll i en EU-kontext.

Det övergripande syftet med strategin är att skapa förutsättningar för ett klimatneutralt samhälle senast 2050.

Strategin fokuserar på skärningspunkten mellan ny teknik och elnätverksamhet snarare än elnätets traditionella roll. Detta är en utmaning för alla elsystem runt om i världen. Vi har därför införlivat upplägg från andra delar av världen i denna strategi.

Med tanke på den stora osäkerheten kring omvärldsfaktorer, utvecklingen av ny teknik och kundbeteende, innehåller strategin ett minimum av åtgärder som bör vidtas i lokalnäten - Åtgärder som för det mesta identifieras från gemensamma element i de scenarier som ligger till grund för strategin och som fångar osäkerheten i den framtid som lokalnäten står inför. Strategin täcker de kommande tio åren, med förberedelse för de förändringar vi ser ända fram till 2050.

I arbetet med strategin har vi förutsatt att lokalnäten ska behålla sin kärnverksamhet – leverera el med hög tillgänglighet och säkerhet, så att elektrisk energi kan tillhandahållas på ett säkert, tillförlitligt, effektivt och hållbart sätt, vilket ligger i kundernas långsiktiga intresse.

Verksamheten i elnätbolagen kommer att bli alltmer komplex, samtidigt som det kommer att vara svårt att rekrytera den kompetens som krävs. Detta leder till att ett ökat samarbete mellan elnätbolagen kommer vara en framgångsfaktor.

Strategin ger en uppsättning riktlinjer för lokalnätens ägare och ledande befattningshavare att beakta när de fastställer sina strategier och planer för framtiden. Tonvikten ligger på de nya aktiviteter och funktioner som elnätverksamheten kommer att behöva införa under de kommande tio åren. Även om befintlig verksamhet inte explicit berörs i strategin, ligger den till grund för genomförandet. Det som avhandlas i strategin är de skillnader vi ser gentemot befintlig verksamhet.

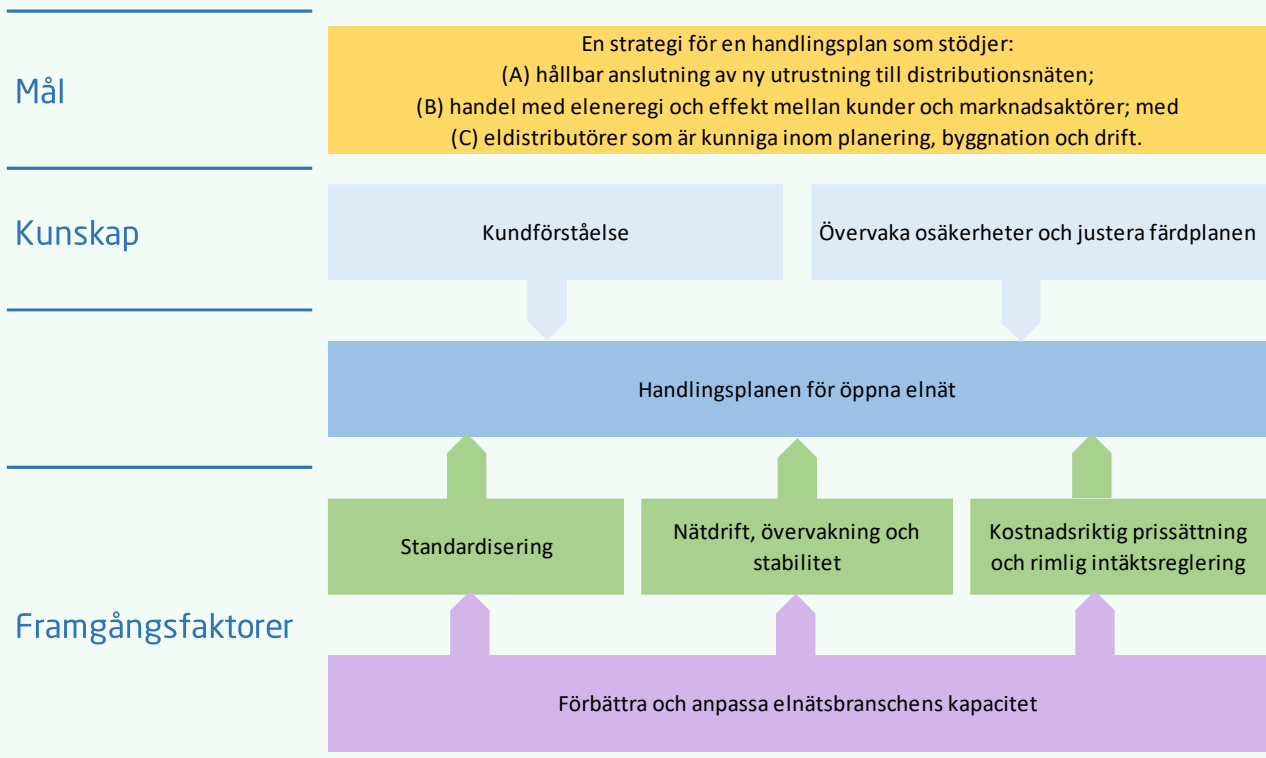
Fokus och struktur

Åtgärderna i strategin är grupperade i olika programområden. **Handlingsplanen för öppna elnät** utgör centrum för strategin och utgör ett av sju programområden. Tack vare handlingsplanen kommer kunderna att kunna ansluta och använda all utrustning med beaktande av:

- Kostnadsriktighet
- Nätstabilitet, driftsäkerhet och säkerhet
- Standardisering av utrustning och anslutningar

Handlingsplanen möjliggör också handel med elenergi och effekt mellan kunder och marknadsaktörer som använder distributionsnäten.

I figuren på nästa sida visas strategins programområden, sex av programmen i strategin ger antingen förståelse av handlingsplanen eller utgör direkta aktiviteter i den.



Handlingsplanen för öppna elnät och de sex programområdena beskrivs nedan.

Kundförståelse

Mål: Förstå kundernas motiv och beteenden för att bestämma: (1) inverkan av distribuerad elproduktion och energilösningar såsom energilager och nya konsumtionsmönster; och (2) vilka krav nya belastningstyper såsom laddinfrastruktur för elfordon ställer på distributionsnäten.

- Tillgång till mätdatat
Succesiv övergång till smarta mätare med kvarttimmesmätning för att förstå nya beteenden
- Förstå distribuerade energilösningar
Inhämta data om utrustning av distribuerade energilösningar (plats, typ etc.), förståelse av kundernas användning och via scenarierbete förstå möjligheter att ansluta distribuerade energilösningar
- Nya belastningstyper
Förstå anslutningskrav (plats, typ etc.) från nya belastningstyper, planera därefter för att ansluta dessa i stor skala
- Ny distribuerad elproduktion
Förstå anslutningskrav (plats, typ etc.) för distribuerad elproduktion, planera därefter för att ansluta dessa i stor skala

Övervaka osäkerheter och justera strategin

Mål: Hålla oss uppdaterade beträffande teknikutvecklingen och utveckla elnätsbolagen i takt med omvärldsförändringar. Uppdatera denna strategi så att den förblir relevant.

- Omvärldsbevakning
Övervaka osäkerheter, megatrender, teknikutveckling och kundbeteenden regelbundet och förändra strategin vid behov

Handlingsplanen för öppna elnät

Syfte: Tillhandahålla eldistributionsnät där kunder och marknadsaktörer kan ansluta och använda all den utrustning de önskar, särskilt distribuerad produktion, distribuerade energilösningar och ny förbrukning, med beaktande av (1) kostnadsriktighet, (2) driftsäkerhet, (3) standardisering och (4) tekniska förutsättningar.

- Möjliggöra elhandel i distributionsnäten
Förstå vilka krav distribuerade energilösningar ställer, möjliggöra anslutning av dessa och ge tillgång på lika villkor till distributionsnäten som utgör de grundläggande plattformarna för att överföra elenergi och effekt till och från kunderna samt mellan dem

- Nya aktörer för att stabilisera elnäten
Börja med att pröva distribuerade energilösningar och användarflexibilitet för att etablera processer och system, för aggregatorer och andra aktörer som bidrar till elnätsdriften
- Regelverk för användarflexibilitet
Samarbeta nationellt och inom EU med politiska institutioner, myndigheter och branschorgan om de utmaningar vi har och ta fram lösningar för de situationer när flera aktörer agerar i elnäten, testa tredjepartslösningar och implementera i full skala därefter

Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering

Mål: Möjliggör införandet av Handlingsplanen för öppna elnät genom att se till att lämpliga incitament utvecklas, inklusive prissignaler på lång och kort sikt för att samordna distribuerade energilösningar för att förhindra överbelastning samt en rimlig intäktsreglering.

- Kostnadsriktig prissättning är en viktig aspekt av Handlingsplanen för öppna elnät
- Tarifferna kommunicerar kostnaden för att använda distributionsnäten för elöverföring till och från elnätskunder och behovet av kapacitet för effektbalansen i elnäten
- Handlingsplanen för öppna elnät förutsätter kostnadsriktig prissättning av distributionstjänsterna för att säkerställa effektiv användning av distributionsnäten nu och i framtiden
- Intäktsregleringen måste ge utrymme för positivt kassaflöde och rimlig lönsamhet

Standardisering

Mål: Ta fram konsekventa förutsättningar för anslutning av all utrustning i alla nätområden. Säkerställa att den utrustningen som ansluts överensstämmer med godkända standarder och koder, för att minimera dess påverkan på elsystemet.

- Nätkoder
Inför EU:s nätkoder

- EU DSO Entity
Delta aktivt i entitetens arbete, för att anpassa EU:s regelverk till svenska förhållanden och så att de passar små och medelstora lokala elnätsbolag
- Apparatstandarder
Bidrar till internationella standarder för att säkerställa att de är lämpliga för Sverige. All utrustning som ansluts till elnäten ska överensstämja med godkända standarder och koder
- Nätteknik
Undersök hur man på bäst sätt kan få en likartad teknisk nivå i alla elnätsbolag.
- Cybersäkerhet
Utarbeta lämpliga standarder för cybersäkerhet och implementera dessa
- Autonoma distribuerade energilösningar
Utarbeta lämpliga standarder för autonoma distribuerade energilösningar. Testa och implementera standarder för att säkerställa stabiliteten hos autonoma energilösningar

Nätdrift, övervakning och stabilitet

Syfte: Säkerställ stabiliteten i Handlingsplanen för öppna elnät via detaljerad monitorering av mellanspannings- och lågspänningsnäten och förbättrad planering och driftövervakning.

- Övervakning av distributionsnätet
Utrullning av nätstationsautomation, avancerad mätinfrastruktur och smarta elmätare. Förbättra datakvalitet och insamlingen över tid, för att fördjupa kunskapen om distributionsnäten
- Nätstabilitet
Undersök konsekvenserna av många autonoma distribuerade energilösningar och metoder för kontroll. Testa styrsystem i distributionsnäten och implementera dessa system
- Tillhandahållande av nätinformation
Undersök och testa system för att tillhandahålla nätinformation från mellanspannings- och lågspänningsnäten till driftpersonal och implementera dessa system på bred front

Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet

Mål: Förstå elnäten på ett djupare plan, deras förmåga att ansluta distribuerade energilösningar, hur överbelastning kan undvikas och utformning av kontrakt med nya aktörer som kan leverera flexibilitetstjänster för elnätsdrift. Säkerställa förståelsen av bestämmelser och skyldigheter de medför.

- Förståelse av elnäten
Förstå hur spänningsvariationer och överbelastning i låg- och mellanspänningsnäten uppstår och hanteras. Förstå distributionsnätets förmåga att ansluta distribuerade energilösningar och möjligheter för dessa att stödja elnäten för att förhindra nätkollaps

- Kontrakt för att stabilisera elnäten
Undersök lokalnätets krav på tjänster för nätstabilitet, utarbeta förfrågningsunderlag och upphandla sådana för att se vilka lösningar marknaden kan erbjuda. Utveckla nödvändiga processer för att stödja upphandling av tjänster för nätstabilitet. Implementera dessa lösningar på bred front hos alla elnätsbolag
- Anläggningsförvaltning
Gemensamt utarbeta metoder för effektiv anläggningsförvaltning och implementera dessa hos alla elnätsbolag
- Off-grid lösningar
Testa off-grid lösningar för avlägsna kunder, utarbeta gemensam best practice inom föreningen och använd på platser där det är mer ekonomiskt än traditionella elnät

1

Inledning

Traditionell produktion och användning av el förändras. Ny prisvärd teknik leder till disruptiv förändring av produktion, användning och kundbeteenden, driver utveckling i en hittills oöverträffad hastighet och medför stor oförutsägbarhet inom elsektorn samt skapar möjligheter.

1.1 Förändringsfaktorer

Grundläggande förändringar av omvärldsfaktorer, kundernas preferenser samt teknikutveckling, kommer att ha en djupgående inverkan på energibranschen de närmaste 25 åren.

Dessa förändringar, eller megatrender, inkluderar:

1. kravet att uppfylla klimatmålen, vilket till stor del kan uppnås genom effektiviseringar och att byta befintliga energilösningar till klimatneutral el;
2. nya teknislösningar, som ökar möjligheterna för kunder att producera och lagra el, såväl som använd el på nya sätt;
3. att kunder väljer att använda ny teknik som speglar deras personliga behov och önskemål, såsom att spela en aktiv roll på elmarknaden, för att uppnå klimatmålen; och
4. en ökad detaljstyrning från EU och dess institutioner;
5. ett säkerhetspolitiskt osäkert läge.

I en värld präglad av snabb förändring måste organisationer ständigt anpassa sig för att överleva och blomstra. Traditionella managementmodeller som bygger på förutsägbarhet och linjär utveckling är inte längre tillräckliga i dagens komplexa och dynamiska miljö. För att hantera detta har vi utvecklat denna strategi som utgår från begreppet VOKA, vilket beskriver världens nuvarande tillstånd:

- **Volatilt:** Snabba, instabila och otydliga förändringar.
- **Osäkert:** Framtiden kan inte förutsägas baserat på tidigare erfarenheter.
- **Komplex:** Allt påverkar varandra i komplexa kedjor, som teknikutveckling, ekologi och politik.
- **Ambivalent:** Tvetydighet råder, vilket gör det svårare att förstå samband mellan orsak och verkan.

Denna strategi syftar till att göra organisationen mer agil och bättre rustad att möta framtidens utmaningar.

Med tanke på svårigheterna att förutspå framtida teknikutveckling och kundernas beteenden måste elnätsbolagen planera för en framtid med stor osäkerhet.

Denna strategi har utvecklats för Elinorrs medlemsföretag. Dess syfte är att ge information och insikter i hur elnäten kommer att användas i framtiden, samt ge rekommendationer om hur elnätsbolagen bör agera. Strategin syftar till att positionera medlemsföretagen på bästa sätt för att effektivt möta kundernas kraftigt förändrade behov och ge vägledning om hur bolagen ska planera och utveckla sina elnät och sina verksamheter på ett sätt som bibehåller flexibilitet under en period av genomgripande förändring.

Strategin ger också en sammanhängande vision för elnätens framtida roll i Sverige.

1.2 Samverkande förändringsfaktorer

1.2.1 Megatrender

Förändringarna och megatrenderna är sammanlänkade. Behovet av att minska utsläppen av växthusgaser har lett till utveckling av miljövänlig teknik, såsom vindkraft, solceller, elfordon och batterilager, vilket i sin tur möjliggör större engagemang från kunderna för att minska sin klimatbelastning via egen elproduktion eller elektrifiering av tillverkningsprocesser.

1.2.2 Ett förändrat beteende

Beteendeförändringar är avgörande för att driva energiomställningen och minska växthusgasutsläppen. Allt fler människor blir medvetna om behovet av att minska sitt koldioxidavtryck, vilket leder till en förändring i sociala normer och förväntningar. Individens val att använda förnybar elektricitet istället för fossila bränslen, att köpa elbilar istället för bensin- eller dieslbilar, och att minska sin energikonsumtion genom energieffektivisering är centrala aspekter av denna förändring.

För att underlätta dessa beteendeförändringar är det viktigt att öka medvetenheten om fördelarna med förnybar energi och elektrifiering, samt att erbjuda ekonomiska incitament som subventioner och skattelättnader. Dessutom krävs en utbyggd elektrisk infrastruktur, såsom laddningsstationer för elbilar och integrering av förnybar energi i elnätet, för att stödja och påskynda denna övergång.

Sammanfattningsvis är framgångsrik energiomställning beroende av att individer ändrar sina beteenden genom att anamma hållbara val och anpassa sin energikonsumtion för att möta de nya normerna och kraven i samhället.

1.2.3 Hållbarhet

Kraven på ekonomisk, social och miljömässig hållbarhet inom elnätsbranschen kan beskrivas kortfattat enligt följande:

- **Ekonomisk hållbarhet:** Detta innebär att elnätsbranschen måste förvalta och investera i infrastrukturen på ett sätt som är ekonomiskt bärkraftigt. Det omfattar effektiv kostnads-kontroll, rättvis prissättning för kunderna och säkerställande av långsiktig lönsamhet.

- **Social hållbarhet:** Inom elnätsbranschen innebär detta att se till att elnätet är tillgängligt och överkomligt för alla medlemmar i samhället. Det inkluderar aspekter som rättvis tillgång till energi, lokal anställning och samhällsengagemang. Social hållbarhet i elnätsbranschen kan också kräva att företagen arbetar aktivt med frågor som etik, transparens och socialt ansvar.
- **Miljömässig hållbarhet:** Detta krav innebär att elnätsföretagen måste verka på ett sätt som minimerar deras miljöpåverkan. Det kan inkludera investeringar som möjliggör etablering av CO₂-fria energikällor så som vind- och solenergi, energieffektivitet, minskning av utsläpp och avfall, samt skydd av biologisk mångfald och ekosystem. Målet är att skapa ett elnät som stöder en övergång till en klimatneutral ekonomi.

Sammanfattningsvis påverkar dessa krav elnätsbranschen genom att skapa en balans mellan ekonomiska mål, samhällets behov och miljöskydd. Det kan leda till förändrade affärsmodeller, teknologisk innovation och stärkt engagemang från både kunder och intressenter, vilket i sin tur bidrar till en mer hållbar och motståndskraftig energiframtid¹.

För att effektivt integrera förnybar energi är det avgörande med förbättrad samverkan och kommunikation mellan elnätsägare, elproducenter, samhällsplanerare och fastighetsägare. Gemensamma mötesplatser och en närmare integrering av energiplanering med fysisk planering kan underlätta hanteringen av utmaningar och främja en hållbar energiomställning.

1.2.4 Uppvärmningssektorn

Uppvärmningssektorn präglas av minskade uppvärmningsbehov till följd av energieffektivisering i den existerande bebyggelsen och nya byggnader med mycket litet uppvärmningsbehov. Den återstående uppvärmningen baseras i allt större utsträckning på återvunnen energi och solvärme. Allt effektivare värmepumpar leder till utmaningar för fjärrvärmebranschen². Inte minst kommer nya krav från EU att påverka graden av energieffektivisering vilket kan påverka framtida leveranser stort beroende på hur direktiven implementeras. Olika byggregler styr bort från fjärrvärme till värmepumpar i byggnader. Trenden förstärks av att vissa kunder ser byggnadsanknutna lösningar såsom solceller på taket

¹ www.globalamalen.se/om-globala-malen/mal-7-hallbar-energi-alla/

² www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/sa-kan-kraft-och-fjarrvarmens-roll-starkas/

och värmepump som en del av självförsörjnings-idealet. Andra kunder ser en fördel i den upplevda frihetsgraden. Elektrifieringstrenden kring uppvärmning riskerar att försämra effektbalansen vintertid.

1.2.5 Elektrifiering

Vi kommer att möta en kraftigt ökad användning av el till följd av andra branschens allt större elektrifiering. Detta kan göras på ett långsiktigt hållbart sätt, både sett till kostnad, leveranssäkerhet och elkvalité samt klimat och miljö. I Sverige bedöms den årliga elanvändningen öka från dagens 140 TWh till mellan 240 TWh och 310 TWh år 2045⁴. Ökningen beror främst på en ökad elanvändning inom tre sektorer:

- Transportsektorn, där en betydande del av person- och godstransporterna antas vara elbaserade år 2045.
- Service- och företagssektorn, där bland annat utbyggnaden av datahallar antas bli stor i Sverige.
- Processindustrin, där flera branschens processer antas ställas om från fossila bränslen till fossilfri el om något eller några decennier.

När det gäller effektbehovets utveckling visar beräkningar att detta också växer rejält, men i något långsammare takt än energibehovet. För elfordon antas då exempelvis en hög grad av ”smart” laddning, dvs att laddning i stor utsträckning sker under låglasttimmar, samtidigt som tillkommande elanvändning inom industrin har en relativt jämn profil.

Ett sätt att minska utsläppen av växthusgaser, är att satsa på en ökning av storskalig, centraliserad förnyelsebar elproduktion. Detta medför att kapaciteten i stam- och regionnät måste kraftigt förstärkas, för att kunna överföra större volymer av elektrisk energi till kunderna. Förnyelsebar energi kommer att ge effektivare och utsläppsfria substitut till befintliga fossila processer inom industri och transport.

Ett annat alternativ för att minska utsläppen av växthusgaser är att satsa på distribuerad produktion (till exempel solceller och vindkraft), lagring och mikronät. Sådan teknik kan kompletteras med förnyelsebara bränslen som vätgas eller biobränslen. Viss energianvändning kan ändras till el (till exempel

transporter), medan andra användningsområden fortsätter med förbränning, men med förnyelsebara bränslen.

Verkligheten kommer sannolikt att vara någonstans mellan dessa ytterligheter, precis som kundernas beteenden kommer att finnas på en skala mellan aktiva och passiva, vilket identifieras i de scenarier som ligger till grund för denna strategi.

En förutsättning för att klara klimatomställningen är en ökad integration inom energisystemet. Utformningen av systemintegration måste först och främst ske på lokal eller regional nivå, pga. de stora skillnaderna i olika områdens lokala förutsättningar. Utgångspunkten är att lösningarna måste bidra till att begränsa onödig energitransport och ge mervärden till de lokala kunderna. Centralt i förändringarna finns kunder som får ökade möjligheter att använda el. De kommer att använda olika lösningar utifrån lönsamhet, användarvänlighet, miljöhänsyn och sina egna situationer. Därmed kommer kunderna att uppvisa mer individuella beteenden än tidigare. Men ingen vet exakt hur kunderna kommer att agera, eller vilken ny teknik som kommer att finnas tillgänglig i framtiden och hur kunderna kommer att använda den.

1.2.6 Marknadsmodell

Det finns anledning att ifrågasätta om den nuvarande marknadsmodellen kan säkerställa det elsystem som behöver utvecklas med acceptabel leveranssäkerhet. I Energikommissionens slutbetänkande⁵ lyfts detta som en av frågorna och utredningen lyfter alternativa marknadsdesigner som att införa en kapacitetsmarknad. En kapacitetsmarknad skulle innebära att en producent inte bara kan få betalt för den el som levereras utan även tillgänglig kapacitet som ställs till förfogande skulle prissättas. Den nuvarande marknadsmodellen medför att elpriserna blir mer volatila på grund av utbudets stora variation med mer sol och vind i elsystemet. Detta gör att produktion som ska täcka den del som sol och vind inte kan täcka riskerar att inte bli lönsam, då utnyttjningstiden blir allt kortare.

EU strävan efter ökad integration av Europas elsystem syftar till att skapa en mer sammanhängande och resilient energimarknad, medan teknikutvecklingen samtidigt driver på decentralisering genom energigemenskaper och

⁴www.energiforetagen.se/pressrum/pressmeddelanden/2021/ny-analys-sveriges-elanvandning-kan-landa-pa-310-twh/

⁵ <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2017/01/sou-20172/>

mikronät. Dessa två trender kan ses som komplementära snarare än motstridiga, där decentraliserade system kan bidra med lokal resiliens och flexibilitet som stödjer det större integrerade nätet. Utmaningen ligger i att harmonisera regler och standarder för att möjliggöra både storskalig integration och lokal autonomi, vilket kräver flexibla regelverk och investeringar för att dra nytta av båda utvecklingarna.

1.2.7 Kapacitetsbrist

Kapacitetsbristen i elnäten har gått från svår till akut. Storstadsregionerna har drabbats hårdast men allt fler regioner förväntas slå i kapacitetstaket i närtid enligt Ei:s prognoser⁶. Det är sannolikt att frågan kommer att påverka rollerna på elmarknaden och vara pådrivande för flexibilitetslösningar.

Det är också sannolikt att etableringar av elintensiv industri i områden med kapacitetsbrist kommer att ifrågasättas, och kanske till och med generellt, i synnerhet om dessa verksamheter tros tränga undan annan mer arbetsintensiv industri. Trots att det framför allt är nyetableringar som varit hotade, riskerar debatten bidra till en allmän bild av att elnäten är opålitliga. Kapacitetsbristen har samtidigt satt fokus på behovet av investeringar i näten och fjärr- och kraftvärmens roll.

Elektrifieringsboomen som vi bara har sett början av sätter strålkastarljuset på kapacitetsbristerna i näten. Stamnätets otillräckliga överföringsförmåga lär uppmärksammas allt mer. Svenska kraftnät kommer sannolikt få ett utökat uppdrag för att lösa kapacitetsutmaningarna och öka investeringarna. Det börjar också komma ett politiskt tryck på att förbättra incitamentet för elnätsinvesteringar.

Svenska kraftnät rekommenderar nätföretag att förbättra hanteringen av anslutningsärenden genom att bedöma projektens mognadsgrad, säkerställa informationsutbyte, prioritera först inkomna kompletta ansökningar och överväga villkorade avtal för att optimera nätets kapacitetsanvändning och effektivisera anslutningsprocessen⁷.

1.2.8 Ukraina

Kriget i Ukraina påverkar de svenska elpriserna och sätter fokus på den bristande överföringskapaciteten

mellan de olika elprisområdena och då främst den otillräckliga överföringsförmågan till område tre och fyra, dvs södra Sverige. Flera faktorer talar för ett fortsatt historiskt högt elpris i främst elprisområde Stockholm och Malmö, enligt en studie från Profu.

Många länder i Europa är beroende av energileveranser från Ryssland. Det är framför allt den stora importen av naturgas till elproduktion i Europa, som påverkar elpriserna i Sverige, även om den svenska elproduktionen inte är beroende av naturgas.

Utifrån simuleringar som bygger på scenarier där gasleveranserna från Ryssland kraftigt begränsats ser man fördubblade elpriser i elprisområde Stockholm (1 kr/kWh) och Malmö (1,1 kr/kWh) jämfört med ett modellerat normalår. Ser man däremot till extremfallet, med ännu högre gaspriser, kommer snittpris att ligga på 1,5 krona/kWh i dessa elprisområden. Det kan jämföras med cirka 35 öre/kWh i norra Sverige under samma period. Den nedsatta överföringskapaciteten accentuerar de ojämna nivåerna på elpriset i landet.

1.2.9 EU

Regelverket för EU:s elmarknad syftar till att göra den konkurrenskraftig, konsumentinriktad och mer flexibel. Det ger konsumenterna fler rättigheter och underlättar deras deltagande på marknaden som aktiva kunder. Man vill därigenom skapa ökad konkurrens och lägre priser för konsumenterna.

Implementeringen av ”Vinterpaketet” eller ”Ren energi för alla i Europa” i svensk lagstiftning medför att elnätsbolagen får ytterligare begränsningar. Man får som huvudregel inte bedriva annan verksamhet än elnätsverksamhet. Utöver elnät får företagen dock driva andra nät, till exempel fiber, vatten och fjärrvärme. Däremot får man inte ha fjärrvärmeproduktion eller elproduktion för att täcka nätförluster. Man får inte heller äga energilagring eller laddinfrastruktur. Förändringarna i ellagen innebär också att intäktsramarna ska ta hänsyn till i vilken utsträckning flexibilitetstjänster används för att förbättra effektiviteten i nätverksamheten, att stödtjänster för nätverksamheten måste upphandlas på ett öppet, icke-diskriminerande och marknads-

⁶ www.ei.se/om-oss/projekt/avslutade/kapacitetsutmaningen-i-elnatet#query/*
⁷ [https://www.svk.se/contentassets/abecae836c1e4f7f992e7b6f190300f2/s](https://www.svk.se/contentassets/abecae836c1e4f7f992e7b6f190300f2/svenska-kraftnats-rekommendationer-till-natforetag-gallande-hantering-av-anslutningsarenden-240131.pdf)

[svenska-kraftnats-rekommendationer-till-natforetag-gallande-hantering-av-anslutningsarenden-240131.pdf](https://www.svk.se/contentassets/abecae836c1e4f7f992e7b6f190300f2/svenska-kraftnats-rekommendationer-till-natforetag-gallande-hantering-av-anslutningsarenden-240131.pdf)

orienterat sätt samt att nätutvecklingsplaner ska utarbetas vart annat år.

En ny organisation har inrättats i Bryssel – EU DSO Entity. Dess syfte är att utarbeta nätkoder, dvs detaljerade regelverk för elmarknaden, beträffande:

- samordning av stamnät och lokalnät;
- integration av förnyelsebar produktion, energilager och användarflexibilitet i distributionsnäten;
- smarta elnät och smart mätning; och
- datahantering, cybersäkerhet och dataskydd.

1.3 Anpassning av elnäten

I centrum för dessa förändringar finns elnäten, som levererar förnyelsebar energi till alla kunder och i allt större utsträckning ger dem möjlighet att sälja deras egenproducerade el.

Det är elnätsbolagens roll att stödja kunderna så att de kan använda ny teknik i framtiden, vilket möjliggör innovation och hjälper till i övergången till förnyelsebar energi för att nå klimatmålen.

Målsättningen är att kunderna ska kunna ansluta all den utrustning de önskar till elnäten, under förutsättning att det är en kostnadsriktig prissättning för nättjänsten och att utrustningen uppfyller lämpliga standarder för att säkerställa säkerhet och tillförlitlighet för alla anslutna kunder.

I det svenska elnätet, som till stora delar är ålderstiget, finns ett omfattande behov av investeringar för att upprätthålla den nuvarande driftsäkerheten. Detta behov existerar även utan hänsyn till den pågående elektrifieringen. Med den förväntade ökningen av elanvändningen är det tydligt att omfattande utbyggnad och förstärkning av elnätet är nödvändig. Enligt uppskattningar från Energiföretagen krävs investeringar i elnäten på cirka 400 miljarder kronor fram till 2030, och upp till 1 000 miljarder kronor fram till 2045⁹.

Elnäten måste också klimatanpassas, vilket innebär att förstärka infrastrukturen för att motstå extremväder som stormar och översvämningar, samt att bygga mer vädertåliga anläggningar. Elnätet måste också göras mer flexibelt och resilienta, vilket innebär att kunna hantera både plötsliga förändringar i energiflöden och långvariga störningar. Proaktiv planering och

riskhantering är avgörande för att identifiera och mildra klimatrelaterade risker, vilket inkluderar att uppdatera kontinuitetsplaner och utveckla strategier för att hantera längre strömavbrott.

1.4 Syfte och omfattning för denna strategi

Det överordna syftet med strategin är att skapa förutsättningar för ett klimatneutralt samhälle senast 2050.

Strategin fokuserar på skärningspunkten mellan den nya teknik som diskuterats tidigare och elnäten, snarare än på traditionella aspekter av eldistribution.

Med tanke på den stora osäkerhet som råder om framtida förhållanden innehåller strategin ett minimum av åtgärder som bör vidtas av elnätsbolagen – åtgärder som för det mesta identifieras från gemensamma företeelser i scenarierna som ligger till grund för strategin och som fångar osäkerheten i den framtid som elnätsbolagen står inför.

Strategin ger en uppsättning riktlinjer för elnätsbolagens styrelser och ledningsgrupper att överväga när de fastställer sina egna strategier och framtidsinriktade planer. Tyngdpunkten ligger på de nya aktiviteter och funktioner som elnätsbolagen måste ha i framtiden.

Verksamheten i elnätsbolagen kommer att bli alltmer komplex, samtidigt som det kommer att vara svårt att rekrytera den kompetens som krävs. Detta leder till att ett ökat samarbete mellan elnätsbolagen kommer vara en framgångsfaktor.

För att utveckla strategin, har fokus legat på elnätsbolagens kärnverksamhet – att tillhandahålla en robust elnätstjänst, så att elenergin kan tillhandahållas säkert, tillförlitligt, effektivt och hållbart, vilket ligger i kundernas långsiktiga intresse.

Elnätstjänsten tillhandahålls till kunder och elmarknadens aktörer på lika villkor, lokalt och nationellt. Strategin försöker inte identifiera eller marknadsföra kommersiell verksamhet eller entreprenadverksamhet för elnätsbolagen – detta är något som kan övervägas av varje enskilt elnätsbolag och omfattas inte av denna strategi.

⁹

<https://www.energiforetagen.se/pressrum/pressmeddelanden/2023/ny-rapport-sa-moter-vi-sveriges-elbehov-2045/>

Strategin ger inte rekommendationer om hur elnätsbolagen ska implementera handlingsplanen. Åtgärder kan utföras av varje elnätsbolag individuellt eller kollektivt i grupper av elnätsbolag, eller tillhandahållas av tjänsteleverantörer.

Vid utvecklingen av denna strategi har liknande strategier från andra länder granskats och några aspekter har anpassats för att användas i de scenarier som ligger till grund för den här strategin.

De externa dokument som studerats innehåller flera modeller för framtiden och introducera begreppen distributionsnätsoperatör (DNO), distributions-systemoperatör (DSO), marknadsoperatör (IMO), aggregator och energigemenskaper. Den här strategin fokuserar dock på åtgärder som krävs av elnätsbolagen i framtiden, inte branschstrukturer eller regleringar. Behovet av oberoende DSO:er, IMO:er eller andra aktörer, ligger därför utanför strategin. Ändå, om en eller flera av dessa företeelser får fäste i Sverige, stödjer åtgärderna i denna strategi deras verksamhet.

Oberoende av benämning kommer dock framtidens elnätsbolag behöva förändra sig från ett reaktivt till ett proaktivt arbetssätt i alla avseenden – i kundkontakter, planering och nätutbyggnad samt nätdrift och underhåll.

Elinorr har tagit intryck från flera intressenter i samband med att vi utvecklat denna strategi. Deras åsikter och de aktiviteter som redan pågår i Sverige har givit input till arbetet med denna strategi. Det är tänkt att denna strategi regelbundet ska ses över och uppdateras.

Ett fundament i alla scenarier är kravet på att möta klimatmålen (såsom Parisavtalet och att nå nollutsläpp före 2050) vilket medför behovet av en CO₂-neutral ekonomi.

I scenarierna kan antingen förnyelsebar el eller andra förnyelsebara energiformer användas för att uppnå klimatmålen.

Strategin syftar till att positionera elnätsbolagen för att kunna ansluta och överföra förnyelsebar el för att uppnå nollutsläpp av CO₂.

En potentiell risk med att inte följa strategin är att man förstärker trenderna i scenarierna ”elnätet som backup” (kunderna förblir ansluten till elnätet, men använder det bara som reservmatning och använder mindre energi från det, vilket leder till lägre intäkter) och ”off grid” (kunderna lämnar elnätet helt och hållet).

1.5 Förstå strategins struktur

Scenarierna och de osäkerheter de grundas på är en integrerad del av strategin. I avsnitt 2 i denna strategi sammanfattas scenarierna.

I avsnitt 3 introduceras strategins struktur och själva strategin.

I avsnitt 4 ges fler detaljer i strategins programområden.

I avsnitt 5 redovisas vad som sker inom de olika programområdena och vilka resultat som uppnåtts.

En läsare som bara vill förstå strategin behöver bara läsa avsnitt 2 och 3. En läsare som både vill förstå strategin och detaljerna i varje programområde ska läsa avsnitt 2, 3 och 4. För den som vill se vad som konkret sker inom de olika programområdena finns avsnitt 5, som även innehåller resultat och trendspaningar.

I texten används benämningarna ”elnätsbolag” då man syftar specifikt på elnätsverksamhet, ”elhandelsbolag” då man syftar på säljare av el respektive ”elbolag” då man syftar på både nät- och elhandelsbolag. Som samlingsbegrepp för alla traditionella aktörer på elmarknaden används ordet ”elbranschen”. Även begreppet ”energibolag” används och då inryms även annan verksamhet så som fjärrvärme och fjärrkyla. Ordet ”energibranschen” används för att beskriva hela den traditionella branschen sammantaget.

2

Strategins scenarier

Bakgrunden till alla scenarier är att Sverige ska nå nationella och internationella klimatmål

2.1 Klimatmål

Parisavtalet¹⁰ har till syfte att begränsa växthuseffekten till maximalt 1,5 °C.

EU har följande mål för 2030¹¹:

- Minst 40 % lägre växthusgasutsläpp än 1990
- Minst 32 % förnyelsebar energi
- Minst 32,5 % högre energieffektivitet

EU kommissionen har i det så kallade 55 %-paketet¹³ lagt fram ett förslag om att höja målsättningen för 2030 till minst 61 % lägre växthusgasutsläpp än 2005, för att EU ska bli klimatneutralt 2050.

Sverige ska senast 2045 ha nettonollutsläpp enligt det klimatpolitiska ramverket¹⁴. Utsläppen av växthusgaser bör senast år 2030 vara minst 63

procent lägre än utsläppen 1990, och minst 75 procent lägre år 2040. Utsläppen från inrikes transporter, utom inrikes flyg, ska minska med minst 70 procent senast år 2030 jämfört med 2010.

2.2 Trender och osäkerheter

Kombinationen av de osäkerheter, trender och kundbeteenden vi ser resulterar i ett elsystem som förändras från att vara baserat på stora konventionella anläggningar som körs med baslast och lång utnyttjningstid, som stöds av centralt placerad reglerkraft, till ett nytt paradigms av billig, men intermittent, förnybar produktion. Detta system balanseras av flexibel efterfrågan, batterier och konventionella produktionsanläggningar som körs med allt kortare utnyttjningstid.

¹⁰<https://www.naturvardsverket.se/parisavtalet>

¹¹ climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en

¹³ <https://www.consilium.europa.eu/sv/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

¹⁴ <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/>

Figur 2: a) Alla osäkerheter, megatrender och kundbeteenden som beaktats vid anpassning och utveckla scenarierna.

Osäkerheter	Megatrender	Kundbeteenden
Energipriser (el, gas, kol, olja, metanol...)	Digitalisering	Kundernas beteenden finns på ett spektrum från passivt till aktivt
Utveckling av förnyelsebara bränslen	Urbanisering	På grund av olika hinder, så som komplexitet och högt pris, agerar kunderna inte alltid i överensstämmelse med de värderingar de uttrycker
Energibranschens bidrag till minskning av växthusgaser på EU-nivå	Globalisering	
Efterfrågan på storskaligt centralt genererad elektricitet	Ökade krav på hållbarhet	
Regleringar	Minskad kostnad för energilagrar	
Produktionskostnad för centralt genererad elektricitet	Större andel förnybar elproduktion	
Utveckling av teknik för kundernas aktiva deltagande på elmarknaden	Kundernas ökade intresse för solceller och kostnadsminskningar för solel	
Införandet av självkörande fordon	Kraven på leveranssäkerhet och service ökar	
Ekonomiska förutsättningar för förnyelsebar energi	Nya leverantörer hanterar kundernas behov	
Tillstånd att etablera IKN mellan fastigheter	Kundernas misstro mot energibranschen (där energibolagen representerar de traditionella energilösningarna)	
Det säkerhetspolitiska läget	Elektrifiering för att minska CO ₂ -utsläppen	
Samhällsförändringar efter coronapandemin	Ökat behov av säkerhet i energisektorn	
	EU-beslut får allt större betydelse för energibranschen	

2.3 Scenarier

Scenarierna utgår från ytterligheter av kundbeteenden samt hur stor andel av den förnyelsebara energin som passerar elnäten:

- Passiva kunder som fokuserar på andra saker än el och är därför beroende av de energibolag som försörjer dem med energi.
- Aktiva kunder, eller prosumenter, som med hjälp av ny teknik engagerar sig aktivt i sin elanvändning som kund eller producent.
- Storskalig förnyelsebar produktion och batterilagrar ansluts direkt mot elnäten som överför el till kunderna. Småskalig förnyelsebar produktion och batterilagrar ansluts hos kunderna som använder elnäten för att sälja överskottsproduktionen. Detta sammantaget gör att energiomsättningen i lokalnäten ökar.

- Förnyelsebar produktion och batterilagrar ansluts hos kunderna, som använder elen i sina egna anläggningar, vilket gör att energiomsättningen i lokalnäten minskar.

De resulterande scenarierna beskrivs nedan och avbildas i figur 1.

Anslut och glöm: Passiva kunder låter energibolagen bestämma hur deras energiförsörjning ska ske, baserat på deras behov. Energebolagen och nya marknadsaktörer hjälper kunderna att övergå till mer förnyelsebar energi, för att täcka sina energibehov. Storskalig förnyelsebar elproduktion växer, med viss tillväxt av distribuerad generering med solceller. Det sker en omfattande elektrifiering av tung industri och av fordonsflottan. Energebolagen styr kundernas förbrukning för att kontrollera effektbalansen och

huvuddelen av batterilagren är anslutna direkt mot elnäten. Utnyttjandegraden i lokalnäten förändras inte i någon större utsträckning tack vare effektiv laststyrning och batterilagring.

Prosumertens segertåg: Genom användning av tekniklösningar, bestämmer kunderna aktivt hur de ska använda energi och ändrar sitt förbrukningsmönster över tiden baserat på pris. De tillhandahåller aktivt laststyrning och batterier, för olika tjänster i elförsörjningskedjan och får kostnadsminskningar som ett resultat. Prosumerterna optimerar sin elanvändning och sin egen elproduktion och säljer överskottet via elnätet (distributions-, region- och stamnät). Det sker en omfattande byggnation av solceller och en omfattande elektrifiering av tung industri och av fordonsflottan. Central förnyelsebar elproduktion växer och förnyelsebara bränslen produceras för lagring av energi mellan årstiderna. Genom att kunderna aktivt styr sin förbrukning och med hjälp av effektiv laststyrning i realtid, bibehålls utnyttjandegraden i lokalnäten på en hög nivå.

Backup-nätet: Passiva kunder tillåter nya marknadsaktörer att hantera deras behov av energi. En fragmenterad elbransch tillhandahåller flera möjligheter för tredjepartstillträde på marknaden. Detta innefattar omfattande elproduktion (särskilt solceller) med batterilagring direkt i kundanläggningarna. Det sker en omfattande elektrifiering av tung industri och av fordonsflottan. För utbyte av

elenergi mellan fastigheter etableras mikronät¹⁵ parallellt med elnätsbolagens anläggningar. Förnyelsebara bränslen utvecklas och används för att leverera värme och el till bostäder, företag och offentliga lokaler via stor- och småskalig kraftvärme. Stora anläggningar som levererar el och värme installeras hos industrikunder. Att koppla från sig från elnätet är varken ekonomiskt motiverat eller önskvärt för kunderna. Därmed blir distributionsnäten en ”reservmatning”. Utnyttjandegraden minskar i lokalnäten och kostnad per levererad kWh ökar.

Off-grid: Frånkoppling från elnätet blir en ekonomisk möjlighet till följd av att kunderna kan använda förnyelsebara bränslen och lokal elproduktion. Aktiva kunder övergår till alternativa lösningar för sin energiförsörjning. Nanonät¹⁶ som drivs av lokal elproduktion utvecklas, vilket är särskilt effektivt om det sker ”bakom mätaren”. Nya aktörer på marknaden erbjuder dessa lösningar till kunderna. Inom den tunga industrin sker en genomgripande elektrifiering. Övergången till elfordon är omfattande med snabbaddstationer som drivs av förnyelsebar produktion och batterier. Sådana laddplatser inkluderar företag, kanske med egen elproduktion, som tillhandahåller laddstolpar till kunder och personal. Utnyttjandegraden minskar i lokalnäten och kostnad per levererad kWh ökar till en nivå som gör att fler kunder lämnar elnätet. En spridd misstro mot energibranschen driver på viljan att koppla bort sig från elnätet.

¹⁵ Ett mikronät avser en samling kunder som fortfarande är anslutna till distributionsnätet, med distribuerad produktion och batterier som levererar energi ibland, men med en anslutning till resten av distributionsnätet, vilken kan ha lägre kapacitet och/eller lägre tillgänglighet. Detta kan vara vanligt förekommande i scenariot med "Backup-nätet".

¹⁶ Ett nanonät är ett lokalt elnät som saknar anslutning till övriga elnät (som har en kombination av solceller, batteri och småskalig produktion) som levererar el till ett litet antal kunder eller en enda kund. Ett lokalt elnät på en avlägsen plats som levererar el till några få kunder är ett exempel på ett nanonät.

Figur 1: Grafisk representation av scenarierna

		Kundbeteende	
		Passiv	Aktiv
		Jag bryr mig om min energiförsörjning	
Förnyelsebar energi via elnätet	Mycket	<p>Anslut och glöm</p> <ul style="list-style-type: none"> Till övervägande del en kundgrupp som är upptagen med annat än sin energiförsörjning. En organiserad energibransch erbjuder en mängd lösningar, där driftsäkerheten hanteras och styrs av elnätsbolagen. Batterier och nätansluten utrustning som ger en robust elförsörjning ansluts i distributionsnätet. Förnyelsebar el är framgångsrikt positionerad på marknaden och används för att reducera utsläppen av växthusgaser. Nya marknadsaktörer hjälper kunderna att övergå till mer förnyelsebar energi. Storskalig förnyelsebar elproduktion används i stor omfattning. Omfattande användning av elfordon, även självkörande. Måttlig utbyggnad av solcells-anläggningar. Värmepumpar används för uppvärmning av bostäder, industrier och offentliga lokaler. 	<p>Prosumentens segertåg (eller En ny modig värld)</p> <ul style="list-style-type: none"> Aktiva prosumenter pushar tjänsteleverantörer att erbjuda en rik flora av energilösningar. En väl samordnad energibransch med omfattande innovationsverksamhet där kunderna involveras. Nya marknadsaktörer leder utvecklingen. Batterilager som är inkopplade i kund-anläggningarna, där kunderna väljer servicenivå och användning av nya tekniska lösningar och levererar effekt och energi till nätet. Förnyelsebar el som används för reduktion av växthusgaser. Storskalig förnyelsebar produktion används i stor omfattning Omfattande användning av elfordon, även självkörande. Småskaliga solcellsanläggningar används i stor omfattning, där överskottet säljs över elnätet via peer-to-peer teknik. Värmepumpar används för uppvärmning av bostäder, företag och offentliga lokaler Förnyelsebara bränslen utvecklas för att lagra energi mellan årstiderna.
	Lite	<p>Backup-nätet (eller Sista utvägens leverantör)</p> <ul style="list-style-type: none"> Upptagna kunder med litet intresse för el. Okoordinerade lösningar i energibranschen med få kundkontakter. Implementering av tekniska lösningar sker sporadisk, med tredjeparts-leverantörer som hanterar kundernas energibehov inklusive en del batterier bakom mätaren i kundernas anläggningar. Icke koncessionspliktiga nät (IKN) etableras parallellt med elnätsbolagens anläggningar. En del elnätsbolag använder lite flexibilitets-tjänster, andra inte alls. Förnyelsebara bränslen utvecklas för att minska utsläppen av växthusgaser, vilket leder till mindre efterfrågan på elektricitet i lokalnäten. Omfattande användning av elfordon, även självkörande. Förnyelsebara bränslen används för att leverera värme och el till bostäder, företag och offentliga lokaler via stor- och småskalig kraftvärme. 	<p>Off-grid</p> <ul style="list-style-type: none"> Kunder väljer att koppla från elnätet för att använda alternativa lösningar från nya aktörer. Icke koncessionspliktiga nät (IKN) etableras parallellt med elnätsbolagens anläggningar. Innovation förekommer kring förnyelsebara bränslen och elförsörjning off-grid. Förnyelsebara bränslen används för att minska utsläppen av växthusgaser. Omfattande användning av solceller och batterilager hos kunderna. Omfattande användning av elfordon, även självkörande, som laddas i laddstationer som inte är nätanslutna. Förnyelsebara bränslen används för att leverera värme och el till bostäder, företag och offentliga lokaler via småskalig kraftvärme.

Figur 2: (b) primärt kundbeteende och megatrender som beaktats vid anpassning och utveckling av scenarierna som fungerar som kännetecken och leder till skillnaderna mellan varje scenario.

Anslut och glöm	Prosumentens segertåg
Kund: Upptagna med annat och därför passiv	Kund: Aktiva och engagerade i sin elförsörjning, antingen direkt eller via tekniklösningar
Leveranssäkerhet: Hanteras av elbranschen	Leveranssäkerhet: Hanteras till stor del av kunderna med stöd av elbranschen för långsiktig tillförlitlighet
Nya aktörer: Hanterar övergången till att el används till allt	Nya aktörer: Driver utvecklingen, särskilt i kundernas anläggningar, vilket gör det möjligt för kunderna att delta på marknaden och hantera sin egen leveranssäkerhet
Innovation i energibranschen: Hög	Innovation i energibranschen: Hög
Klimatmål: Uppfylls med storskalig elproduktion samt med visst inslag av småskaligt	Klimatmål: Uppfylls med storskalig och småskalig elproduktion
Solceller: Används lokalt	Solceller: Används lokalt med handel över elnäten
Vindkraft: Storskalig vindkraft försörjer tung industri och lokalnätskunder	Vindkraft: Storskalig vindkraft försörjer tung industri och i viss mån lokalnätskunder
Kärnkraft: Ny kärnkraft etableras för att möjliggöra samhällets klimatomställning	Kärnkraft: Ny kärnkraft etableras för att möjliggöra samhällets klimatomställning
Fordonsladdning: Primärt vid bostäder	Fordonsladdning: Primärt vid bostäder eller vid arbetsplatser
Batterier: Används huvudsakligen i distributionsnäten	Batterier: Används huvudsakligen i kundanläggningar



Backup-nätet	Off-grid
Kund: Upptagna med annat och därför passiv	Kund: Aktiva och engagerade i sin elförsörjning, antingen direkt eller via tekniklösningar
Leveranssäkerhet: Hanteras av elbranschen och nya aktörer	Leveranssäkerhet: Hanteras av kunderna och nya aktörer
Nya aktörer: Hanterar kundernas energiförsörjning	Nya aktörer: Hanterar kundernas energiförsörjning utan koppling till elnäten och utvecklar mikronät
Innovation i energibranschen: Låg	Innovation i energibranschen: Låg
Klimatmål: Uppfylls främst med alternativa förnyelsebara bränslen så som biobränslen och vätgas, med storskalig elproduktion samt elfordon som laddas med förnyelsebar el vid laddstationer, arbetsplatser eller bostäder. Betydande elproduktion och småskalig kraftvärme i kundanläggningar.	Klimatmål: Uppfylls med alternativa förnyelsebara bränslen så som biobränslen och vätgas, med storskalig och småskalig elproduktion samt elfordon som laddas med förnyelsebar el vid laddstationer, arbetsplatser eller bostäder. Betydande elproduktion i kundanläggningar.
Solceller: Vanligt i kundanläggningar och kommersiellt	Solceller: Vanligt i kundanläggningar och kommersiellt
Vindkraft: Storskalig vindkraft försörjer tung industri och lokalnätskunder samt används för produktion av elektrobränslen	Vindkraft: Storskalig vindkraft försörjer tung industri och används för produktion av elektrobränslen
Kärnkraft: Kärnkraften är inte konkurrenskraftig och avvecklas	Kärnkraft: Kärnkraften är inte konkurrenskraftig och avvecklas
Fordonsladdning: Vid bostäder och laddstationer	Fordonsladdning: Primärt vid bostäder eller vid arbetsplatser. Elfordon används för transport av förnyelsebara energi.
Batterier: Används i distributionsnäten och i kundanläggningar	Batterier: Används i kundanläggningar

3

Strategi för öppna elnät

3.1 Strategins mål

Målen har formulerats med tanke på elnätsbolagens centrala roll på elmarknaden, tillsynsmyndigheternas önskan om mer konkurrens och deltagande från kunderna på elmarknaden samt Sveriges klimatmål. Dessutom sattes målen med tanke på strategins syfte och omfattning (som diskuteras i introduktionen).

1. Möjliggöra anslutning av ny utrustning till elnäten på ett hållbart sätt.
2. Informera om nya investeringar i, och hantering av elnäten, genom att utveckla en strategi baserad på trovärdiga scenarier som elnätsbolagen kan använda som beslutsunderlag (detta inkluderar information om utveckling av energitjänster).
3. Förbättra förståelsen för elnätens roll som ett viktigt element inom energisystemet och betydelsen för Sveriges ekonomi, särskilt eftersom elenergi har en central roll för att nå landets klimatmål. Strategin informerar även intressenterna om de utmaningar elnätsbolagen står inför för att säkerställa en säker, pålitlig, effektiv och hållbar eldistribution när el används på nya sätt – detta är orsaken till att strategin utarbetats.
4. Understödja en utveckling som möjliggör implementeringen av marknadsdrivna lösningar och transaktioner mellan kunder och marknadsaktörer (i det fall önskemål finns om detta).

I huvudsak syftar strategin till ett elnät där befintliga och nya kunder kan ansluta och använda all den utrustning de önskar, med hänsyn till:

- Anslutningskostnad och nättariff
- Driftsäkerhet och säkerhet för alla användare ansluten till de gemensamma elnäten
- Standard för utrustning
- Standard för nätanslutning

Strategin syftar också till att möjliggöra handel med elenergi och effekt mellan kunder och marknadsaktörer som använder elnäten.

Kunderna förväntas vilja koppla in nya typer av utrustning till elnäten så som distribuerade energilösningar och nya laster. Distribuerade energilösningar inkluderar solceller, elfordon, batterier, energilösningar för bostäder och företag samt andra nya enheter och styrsystem som ännu inte finns tillgängliga samt kombinationer av dessa. Nya förbrukningar inkluderar fordonsladdare, nya typer av belysning och värmepumpar. Detta är förutsättningar för att nå klimatmålen och finns med i alla scenarier i strategin.

3.2 Strategins uppbyggnad

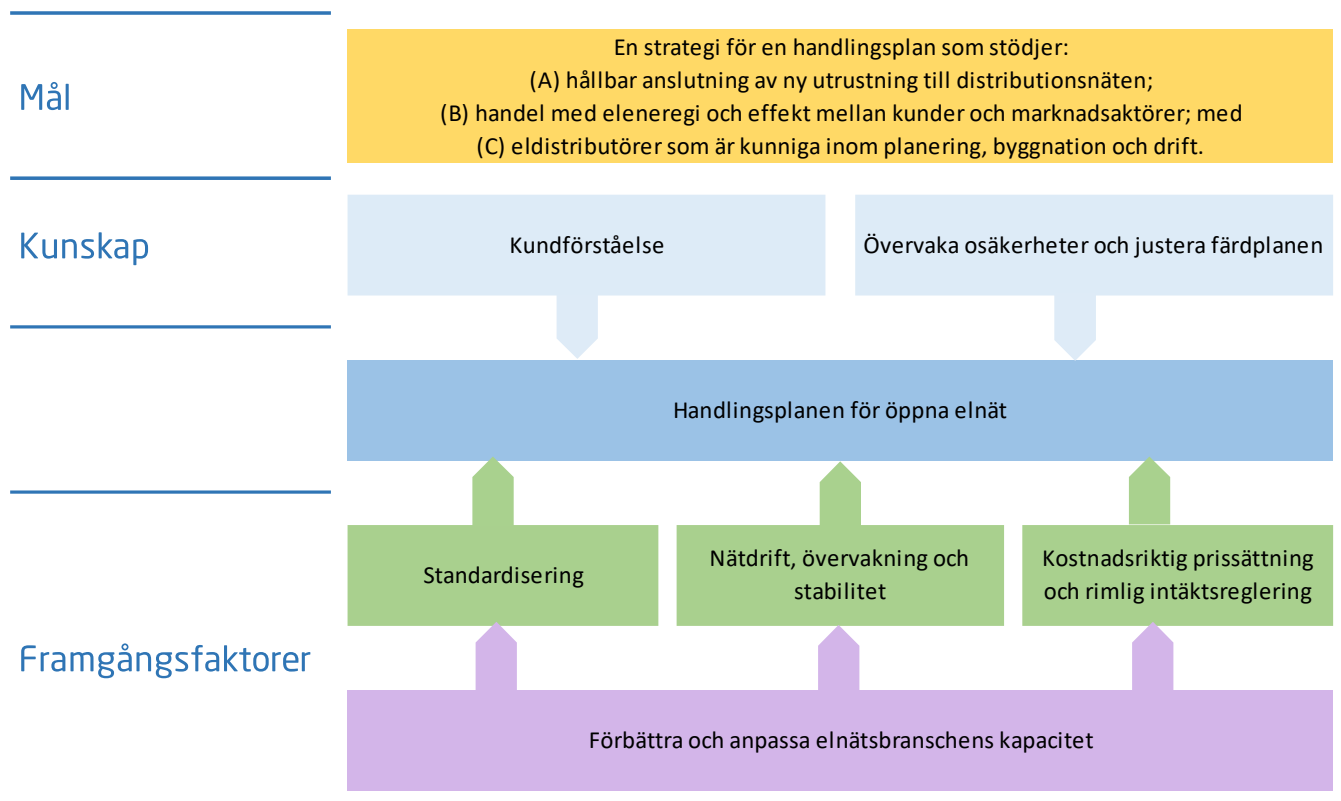
Strategin visas i figur 3. Centralt i strategin finns programområdet **Handlingsplanen för öppna elnät** - programområdet som skapar det öppna elnät till vilket kunderna kan ansluta och använda all utrustning de önskar med hänsyn till anslutningskostnad och nättariff, driftsäkerhet och säkerhet för alla användare ansluten till de gemensamma elnäten, standard för utrustning och standard för nätanslutning.

Detta programområde skapar även förutsättningar för handel med elenergi och effekt mellan kunder och marknadsaktörer som är anslutna till elnäten.

De sex omgivande programmen ger antingen kunskap som stödjer Handlingsplanen för öppna elnät eller skapar förutsättningar för Handlingsplanen för öppna

elnät. Programområdet Handlingsplanen för öppna elnät och de sex programområdena som möjliggör handlingsplanen beskrivs kort i var och en av följande underavsnitt. Mer information om olika aktiviteter, när de bör utföras och bakgrunden till programområdena ges i avsnitt 4.

Figur 3: Strategins uppbyggnad och relationen mellan olika programområden.



3.3 Kundförståelse

Programmet kring kundförståelse ger insikt och stöd till Handlingsplanen för öppna elnät genom en djupare förståelse av kundernas beteende och behov. Denna förståelse är särskilt viktig i relation till distribuerade energilösningar, konsumtionsmönster och krav från nya belastningstyper. Programmet omfattar följande aktiviteter:

- Tillgång till mätdatat
Succesiv övergång till smarta mätare med kvarttimmesmätning för att förstå nya beteenden.
- Förstå distribuerade energilösningar
Inhämta data om utrustning av distribuerade energilösningar (plats, typ etc.), förståelse av kundernas användning och via scenariearbete förstå möjligheter att ansluta distribuerade energilösningar.

- Nya belastningstyper
Börja med att förstå anslutningskrav (plats, typ etc.) från nya belastningstyper, planera därefter för att ansluta dessa i stor skala.
- Ny distribuerad elproduktion
Förstå anslutningskrav (plats, typ etc.) för distribuerad elproduktion, planera därefter för att ansluta dessa i stor skala.

3.4 Övervaka osäkerheter och justera strategin

Målet med detta program är att hålla sig uppdaterad på omvärldsförändringar så väl som teknikutveckling och uppdatera elnätsbolagen samt ge input för att uppdatera strategin för att förbli relevant. Scenarierna

i denna strategi innehåller ett antal osäkerheter, megatrender och kundbeteenden som ger input till scenarierna och i sin tur till strategin.

Osäkerheterna avser faktorer som är kända i energibranschen, men som är osäkra. Exempel på detta är produktionskostnad för centralt genererad elektricitet, införandetakten för elfordon och utveckling av teknik för kundernas aktiva deltagande på elmarknaden. Megatrenderna hänvisar till större förändringar i energibranschen som har potential att ge stora följdverkningar. Exempel på detta är kundernas ökade intresse för solceller och kostnadsminskningar för solel, minskning av växthusgaser och kundernas misstro mot energibranschen. Kundbeteenden avser det spektrum av beteenden från aktiv till passiv som kunderna uppvisar.

Aktiviteterna i detta program utgörs av att bevaka scenarierna och strategin, för att göra justeringar av strategin där det finns betydande förändringar. Processen för att uppnå detta och den fullständiga listan över osäkerheter som ska övervakas diskuteras i Avsnitt 4.2.

3.5 Handlingsplanen för öppna elnät

Som anges i avsnitt 3.2 är målet med Handlingsplanen för öppna elnät att:

- Tillhandahålla eldistributionsnät där kunder och marknadsaktörer kan ansluta och använda all den utrustning de önskar, särskilt distribuerad produktion, distribuerade energilösningar och ny förbrukning, med beaktande av (1) kostnadsriktighet, (2) driftsäkerhet, (3) standardisering och (4) tekniska förutsättningar.

Medan de andra programmen i strategin möjliggör detta mål, innehåller Handlingsplanen för öppna elnät ett antal aktiviteter i sig:

- Möjliggör elhandel i distributionsnäten

¹⁷Termen "plattform" avser en fysisk plattform eller system av något slag. I denna strategi används den bara i detta program. Här avses distributionsnätet, som är det fysiska system där marknadens aktörer köper och säljer elektrisk energi och effekt. Ett antal program stödjer plattformen, så som Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet vilket förbättrar nätförståelsen, Nätdrift, övervakning och stabilitet vilket förbättrar nätövervakningen.

¹⁸Termen "regelverk" hänför sig till en uppsättning regler, protokoll, standarder, koder och guider som gör det möjligt att genomföra de aktiviteter som diskuteras i denna strategi. Exempelvis ger Strategin för öppna elnät elhandlare möjlighet att handla sin energi och effekt över distributionsnätet och även erbjuda flexibilitetstjänster till

Förstå vilka krav distribuerade energilösningar ställer, möjliggör anslutning av dessa och ge tillgång på lika villkor till distributionsnäten som utgör de grundläggande plattformarna¹⁷ för att överföra elenergi och effekt till och från kunderna samt mellan dem.

- Nya aktörer för att stabilisera elnäten

Börja med att pröva distribuerade energilösningar och användarflexibilitet för att etablera processer och system, för aggregatorer och andra aktörer som bidrar till elnätsdriften.

- Regelverk¹⁸ för användarflexibilitet

Samarbeta nationellt och inom EU med politiska institutioner, myndigheter och energibranschorgan om de utmaningar vi har och ta fram lösningar för de situationer när flera aktörer agerar i elnäten, testa tredjepartslösningar och implementera i full skala därefter.

3.6 Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering

Målet med detta program är att se till att lämpliga incitament utvecklas, inklusive prissignaler på lång och kort sikt för att samordna distribuerade energilösningar för att förhindra överbelastning samt en rimlig intäktsreglering.

Kostnadsriktig prissättning är en viktig aspekt av Handlingsplanen för öppna elnät. Tarifferna kommunicerar kostnaden för att använda distributionsnäten för elöverföring till och från prosumenter och behovet av kapacitet för effektbalansen i elnäten. Strategin för öppna elnät förutsätter kostnadsriktig prissättning av distributionstjänsterna för att säkerställa effektiv användning av distributionsnäten nu och i framtiden. Intäktsregleringen måste ge utrymme för positivt kassaflöde och rimlig lönsamhet.

Programmet innehåller följande aktiviteter:

- Kostnadsriktig prissättning

distributionsnätet. Även elnätsbolag kan använda användarflexibilitet via en plattform som följer denna strategi. Det är inte en fysisk plattform, men är alltid byggd på en fysisk plattform. Mycket av den här strategin handlar om vad som krävs för att tillhandahålla ett öppet elnät och flexibilitetstjänster. Till exempel innebär att bygga upp kunskap och utbilda elnätsbolag i att upphandla tjänster för nätstabilitet, som är en viktig del av Strategi för öppna elnät och Standardisering handlar om utveckling av koder, guider och standarder, som kommer att bidra till Strategi för öppna elnät. När det gäller regelverket kring användarflexibilitet är det troligt att elnätsbolagen kommer att bidra till regelverket snarare än att utveckla det själva, eftersom de kommer att vara beroende av andra aktörer.

Utarbeta och inför kostnadsriktiga tariffmodeller som även är anpassade för distribuerade energilösningar och nya belastningstyper.

- Lokalnäten som handelsplats för energi och effekt

Utarbeta och inför affärsmodeller där effekt kan köpas och säljas på lokalnätetsnivå, för att jämna ut utbytet mot överliggande nät.

- Rimlig intäktsreglering

Skapa förståelse för behovet av en ny reglermodell, med rimlig lönsamhet och incitament som styr i önskvärd riktning samt implementera denna.

3.7 Standardisering

Målet med detta program är att:

- Ta fram konsekventa förutsättningar för anslutning av all utrustning i alla nätområden. Säkerställa att den utrustningen som ansluts överensstämmer med godkända standarder och koder för att minimera dess påverkan på elsystemet.

Det innehåller följande aktiviteter:

- Nätkoder

Inför EU:s nätkoder.

- EU DSO Entity

Delta aktivt i entitetens arbete, för att anpassa EU:s regelverk till svenska förhållanden och så att de passar små och medelstora lokala elnätsbolag.

- Apparatstandarder

Bidra till internationella standarder för att säkerställa att de är lämpliga för Sverige. All utrustning som ansluts till elnäten ska överensstämma med godkända standarder och koder.

- Nätteknik

Undersök hur man på bäst sätt kan få en likartad tekniknivå i alla elnätsbolag.

- Cybersäkerhet

Utarbeta lämpliga standarder för cybersäkerhet och implementera dessa.

- Autonoma distribuerade energilösningar

Utarbeta lämpliga standarder för autonoma distribuerade energilösningar. Testa och

implementera standarder för att säkerställa stabiliteten hos autonoma energilösningar.

3.8 Nät drift, övervakning och stabilitet

Målet med detta program är att:

- Säkerställ stabiliteten i Handlingsplanen för öppna elnät via detaljerad monitorering av mellanspannings- och lågspanningsnäten och förbättrad planering och driftövervakning.

Det innehåller följande aktiviteter:

- Övervakning av distributionsnätet

Utrullning av nätstationsautomation, avancerad mätinfrastruktur och smarta elmätare. Förbättra datakvalitet och insamlingen över tid, för att fördjupa kunskapen om distributionsnäten.

- Nätstabilitet

Undersök konsekvenserna av många autonoma distribuerade energilösningar och metoder för kontroll. Testa styrsystem i distributionsnäten och implementera dessa system.

- Tillhandahållande av nätinformation

Undersök och testa system för att tillhandahålla nätinformation från mellanspannings- och lågspanningsnäten till driftpersonal och implementera dessa system på bred front.

3.9 Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet

Målet med detta program är att:

- Förstå elnäten på ett djupare plan, deras förmåga att ansluta distribuerade energilösningar, hur överbelastning kan undvikas och utformning av kontrakt med nya aktörer som kan leverera flexibilitetstjänster för elnätsdrift. Säkerställa förståelsen av bestämmelser och skyldigheter de medför.

Det innehåller följande aktiviteter:

- Förståelse av elnäten

Förstå hur spänningsvariationer och överbelastning i låg- och mellanspanningsnäten uppstår och hanteras. Förstå distributionsnätets förmåga att ansluta distribuerade energilösningar och möjligheter för dessa att stödja elnäten för att förhindra överbelastning.

- Kontrakt för att stabilisera elnäten

Undersök lokalnätens krav på tjänster för nätstabilitet, utarbeta förfrågningsunderlag och upphandla sådana tjänster för att se vilka lösningar marknaden kan erbjuda. Utveckla nödvändiga processer för att stödja upphandling av tjänster för nätstabilitet. Implementera dessa lösningar på bred front hos alla elnätsbolag.

- Anläggningsförvaltning

Gemensamt utarbeta metoder för effektiv anläggningsförvaltning och implementera dessa hos alla elnätsbolag.

- Off-grid lösningar

Testa off-grid lösningar för avlägsna kunder, utarbeta gemensam best practice och använd på platser där det är mer ekonomiskt än traditionella elnät.

4

Aktiviteter

I det här avsnittet diskuteras strategins program med aktiviteter mer detaljerat och sätter in dem på en tidsaxel. Till exempel, vissa mål som måste nås snabbt har aktiviteter som bör genomföras inom två år, mål på medellång sikt har aktiviteter inom en tidsram på upp till fem år och på längre sikt finns mål med aktiviteter inom en tidsram på upp till tio år. Strategins struktur diskuteras i början av avsnitt 3.2 och återges i figur 3, vilket ger strukturen för den mer detaljerade strategin som diskuteras i detta avsnitt

4.1 Tabellerna

De aktiviteter som beskrivs i detta avsnitt bör vidtas under den kommande 10-årsperioden. Med tidsangivelserna i tabellerna avses ungefärligen följande tidsintervall:

- Kort sikt ca 0 – 2 år
- Medellång sikt ca 2 – 5 år
- Lång sikt ca 5 – 10 år

Med aktiviteter avser vi de företeelser som måste inträffa för att strategin ska förverkligas. I vissa fall kanske händelser är en mer korrekt beskrivning av det som åsyftas.

4.2 Kundförståelse

Detta program handlar om att använda data och skapa kundkontakter för att förbättra elnätsbolagens kunskap om kundernas behov för att stödja

anläggningsförvaltningen - en möjlighet som identifierats i scenarierna. Kundförståelse är relevant för scenarierna Anslut och glöm och Prosuments segertåg, för att förstå kundernas förväntningar på elnätsbolagen.

Det är också relevant för att förstå kundernas behov i avlägsna områden eller i mikronät - så det är även relevant för scenariot Off-grid.

Kundförståelsen är avsedd för elnätsnätverksamhetens syften:

- Att förstå var överbelastning kan inträffa eller troligen kommer att inträffa i framtiden; och
- Förstå hur elnätet används för att kunna förbättra anläggningsförvaltningen.

Kundförståelsen är central för alla program och responderande aktiviteter visas i figur 4.

Figur 4: Tidsatta aktiviteter inom programområdet Kundförståelse.

Mål: Förstå kundernas beteende och behov för att fånga: (1) påverkan från distribuerade energilösningar, konsumtionsmönster och (2) krav från nya belastningstyper			
Aktiviteter	Kort sikt	Medellång sikt	Lång sikt
1 Tillgång till data från smarta mätare	Planera hur kvarttimmesvärden från kunderna kan användas	Använda kvarttimmesvärden för att förstå framväxande beteenden	Tillgång till mer data för att utveckla djupare förståelse för kundbehoven
2 Förstå distribuerade energilösningar	Utarbeta krav på data från alla typer av distribuerade energilösningar	Data från alla typer av distribuerade energilösningar samlas in och analyseras	Modellering av elnäten är vanligt för att utröna var distribuerade energilösningar kan anslutas
OBS! Det finns synergi mellan programmen för "Kundförståelse" och "Nät drift, övervakning och stabilitet "			
3a Förstå nya belastningstyper	Nya belastningstyper ansluts till elnäten	Elnätsbolagen kan planera sina elnät för att kunna ansluta framtida nya laster	Elnätsbolagen levererar aktivt nya tjänster till nya belastningstyper
3b Förstå ny distribuerad produktion	Samla information om ny små- och storskalig distribuerad elproduktion	Ny små- och storskalig elproduktion hanteras konsekvent i alla elnätsbolag. Det finns god kunskap i elnätsbolagen om potentialen för anslutning av ny distribuerad elproduktion	Modellering av elnäten är vanligt för att utröna var distribuerad produktion kan anslutas och som analyseras och hanteras konsekvent i alla elnätsbolag. Elnätsbolagen levererar aktivt nya tjänster till ny distribuerad elproduktion

4.3 Övervaka osäkerheter och justera strategin

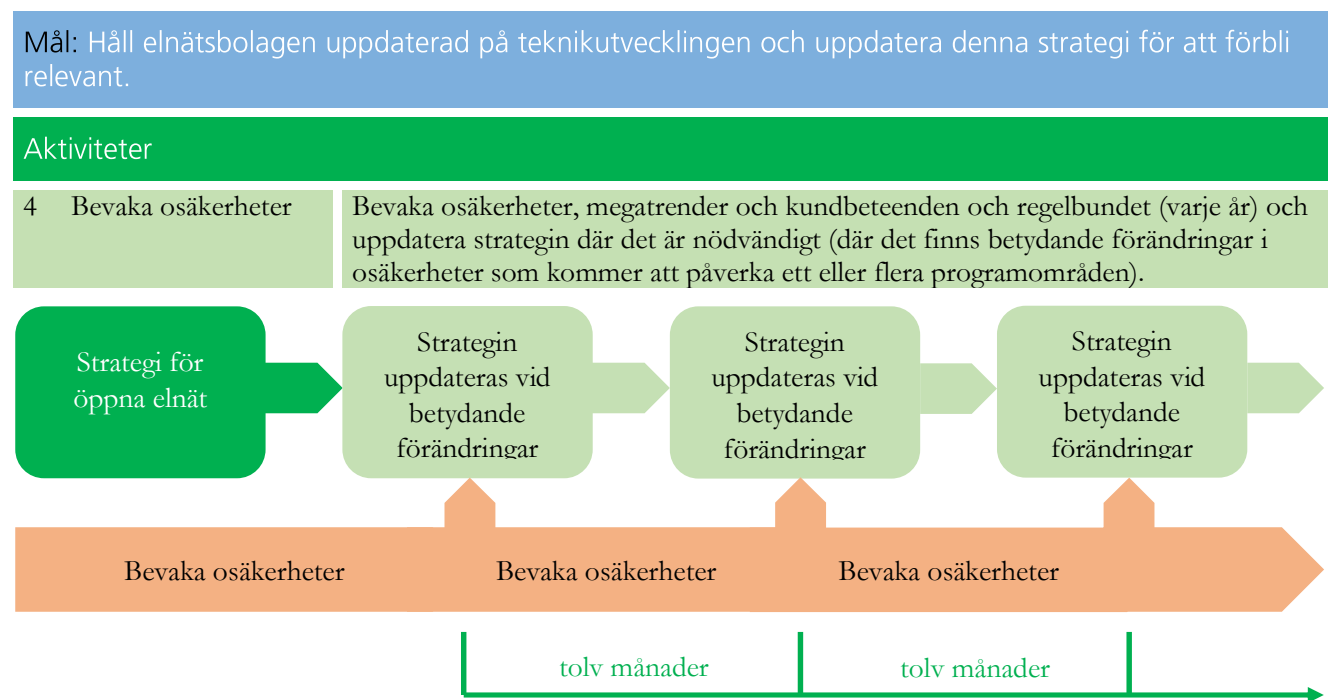
Syftet med detta program är att överväga och göra ändringar i strategin där betydande förändringar i osäkerheten kommer påverka ett eller flera programområden. Exempelvis inkluderas nya typer av distribuerade energilösningar eller förbrukningsmönster och förändringar i införandet av elfordon.

I nedanstående lista finns osäkerheter som ska bevakas.

- Utveckling av förnyelsebara bränslen för småskalig- och storskalig distribuerad energiproduktion. Detta bör inkludera vätgas.
- Produktionskostnad för små- och storskalig centralt placerad eller distribuerad elproduktion.
- Utveckling av industriella processer där bränslen ersätts med el.
- Prisutvecklingen för solceller och energilagrar.
- Installationen av solceller och energilagrar per elnätsområde.
- Utvecklingen av solceller med energilagrar.
- Framsteg inom produktionen av solceller och batterilagrar (och andra typer av energilagrar).
- Regeringens klimatpolitik.
- Sveriges kraftbalans.
- Migrationen och dess inverkan på elförbrukningen.
- Digitalisering, artificiell intelligens (AI) och hot mot cybersäkerhet och dess effekter på elnätsbolagens leveransförmåga.

- Andelen elfordon per elnätsområde, för att förstå fördelningen av den totala andelen och eventuella förtätningar.
- Utveckling inom fordonsteknik som kan leda till betydande förändringar i förbrukningsmönstret av el.
- Andelen el för att kyla och värma upp lokaler samt varmvatten, för att förstå fördelningen av den totala andelen och eventuella förtätningar.
- Utveckling inom teknikområdet för att kyla och värma upp lokaler samt varmvatten.
- Utveckling av off-grid-lösningar. Förändringar i Ei:s intäktsreglering.
- Det säkerhetspolitiska lägets inverkan på elnätsverksamheten.
- Kostnad för förnyelsebar energi med hög tillgänglighet.
- Bevaka utvecklingen av smarta elnät, kommunikationsteknik och tillgången till data.
- Nätkoder och regleringar på EU-nivå.
- Lösningar för effekthantering i lokalnät.
- Tolkning av Ei:s föreskrift om tariffutformning.
- Utvecklingen av nätkoder från EU DSO entity.
- Samhällsutvecklingen efter corona-pandemin.
- Politiska ambitioner och kostnad för ny kärnkraft.
- Uppluckring av nätmonopolet.

Figur 5: Aktiviteter för att bevaka osäkerheter.



4.4 Handlingsplanen för öppna elnät

Handlingsplanen för öppna elnät ger tillgång till eldistributionsnät där befintliga och nya kunder samt marknadsaktörer kan ansluta och använda all den utrustning de önskar, särskilt distribuerad produktion, distribuerade energilösningar och ny förbrukning, med beaktande av kostnadsriktighet, driftsäkerhet, standardisering och tekniska förutsättningar. Den möjliggör handel med elenergi och effekt via elnäten, som kan ha distribuerade energilösningar anslutna.

Den hanterar alla scenarier, uppmärksammar möjligheterna i scenariot Prosumentens segertåg och uppstod ur en intressentmodell och andra inputs till strategin. Den lyfter fram detta som:

- en möjlighet för elnätsbolagen (med elnäten som livsnödvändig infrastruktur) utifrån scenarierna;

- användningen av distribuerade energilösningar inklusive flexibilitetstjänster för att hantera elnäten;
- tillskapandet av en mer önskvärd förbrukningsprofil; samt
- bättre kostnadsriktighet i elnätstarifferna, för att på ett bättre sätt återspegla kostnaderna i elnätsverksamheten.

Många av de aktiviteter som krävs för att förverkliga Handlingsplanen för öppna elnät finns i de andra programområdena - de möjliggör alltså handlingsplanen.

Aktiviteterna i Handlingsplanen för öppna elnät visas i figur 6.

Figur 6: Tidsatta aktiviteter inom programområdet Handlingsplanen för öppna elnät.

Mål: Ge tillgång till eldistributionsnät där befintliga och nya kunder samt marknadsaktörer kan ansluta och använda all den utrustning de önskar, särskilt distribuerad produktion, distribuerade energilösningar och ny förbrukning, med beaktande av (1) kostnadsriktighet, (2) driftsäkerhet, (3) standardisering och (4) tekniska förutsättningar.

Aktiviteter	Kort sikt	Medellång sikt	Lång sikt
5 Möjliggör elhandel i distributionsnäten	Studera lösningar för leverans av el från alternativa produktionskällor och handel med energi och effekt i distributionsnäten. Detta kommer att involvera samverkan och samråd med reglermyndigheten och andra.	Distributionsnäten öppnar sig som en stabil och effektiv plattform för leverans av elenergi och handel med alternativ energi från producent till kund	Fullständig och lika tillgång till distributionsnäten som en viktig plattform för leverans av elenergi och handel med alternativ energi från producent till kund
6 Nya aktörer tillhandahåller distribuerade energilösningar och flexibilitetstjänster för nätstabilitet	Pröva distribuerade energilösningar för nätstabilitet i vissa begränsade områden	Processer och system på plats för distribuerade energilösningar och flexibilitetstjänster för nätstabilitet	Distribuerade energilösningar och flexibilitetstjänster förändrar nätdriften i grunden
7 Regelverk för flexibilitetstjänster	Utmaningar med flera leverantörer av flexibilitetstjänster har förståtts, plan för införande under utveckling	Testa med flera leverantörer av flexibilitetstjänster, inklusive automation i bostäder och lokaler; utveckla affärskoncept	Fullskalig användning av externa leverantörer av flexibilitetstjänster som samordnas med andra användare av flexibilitetstjänster

4.5 Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering

Programmet för Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering behövs för att utarbeta hur man prissätter elnätstjänster på ett kostnadsriktigt sätt i Handlingsplanen för öppna elnät, när distributionsnäten blir handelsplatser för energi och effekt.

Behovet av kostnadsriktig prissättning uppstår när man ska säkerställa effektiviteten i scenarierna Prosumentens segertåg (tillhandahållande av tjänster i realtid), Anslut och glöm och Backup nätet (ett sådant

scenario kan bli självuppfyllande utan korrekt prissättning).

Nuvarande intäktsreglering har havererat, med en myndighet som fattar beslut i strid med ellagen och prejudicerande domar, en regering som inför förordningar som strider mot EU-rätten och elnätsbolag som överklagar alla beslut i långdragna domstolsprocesser. För att råda bot på denna situation bör det göras ett omtag i intäktsregleringen, så att de lösningar som uppstått kan elimineras.

Aktiviteterna i Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering visas i figur 7.

Figur 7: Tidsatta aktiviteter inom programområdet Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering.

Mål: Se till att lämpliga incitament utvecklas, inklusive prissignaler på lång och kort sikt för att samordna distribuerade energilösningar för att förhindra överbelastning samt en rimlig intäktsreglering.			
Aktiviteter	Kort sikt	Medellång sikt	Lång sikt
8 Kostnadsriktig prissättning	Utarbeta nya tariffer utifrån Ei:s föreskrift om tariffutformning och testa inom begränsade kundgrupper	Implementering av ny tariffstruktur	Övervaka att den nya tariffstrukturen ger önskade styrsignaler till slutkunder och andra marknadsaktörer
9 Lokalnäten som handelsplats för energi och effekt	Utarbeta affärsmodeller och elnätstariffer så att effekt kan köpas och säljas på lokalnätetsnivå, för att jämma ut utbytet mot överliggande nät	Testa nya affärsmodeller och elnätstariffer och skapa acceptans för lösningarna	Implementera lösningarna i full skala
10 Rimlig intäktsreglering	Skapa förståelse för att det krävs en ny intäktsreglering	Utarbeta en ny reglermodell, med rimlig lönsamhet, positivt kassaflöde och incitament som styr i önskvärd riktning, tillsammans med myndigheter och politiker	Inför en ny intäktsreglering

4.6 Standardisering

Standardisering inom Sverige är en förutsättning för en effektiv elnätsverksamhet, så som redan sker inom EBR¹⁹. På liknande sätt bör andra delar av verksamheten standardiseras. För att uppnå EU:s klimatmål krävs standardisering även på den nivån, när större andel intermittent produktion (till exempel solceller och vindkraft) ansluts till elnäten. Därför införs EU:s nätkoder²⁰.

Strategin för öppna elnät syftar bland annat till en mer självstyrande elbransch som respekterar standarder, koder och riktlinjer, där elnätsbolagen tar mer kontroll över vilka standarder som antas och vilka aspekter av dessa som ska vara obligatoriska vid anslutning av utrustning till elnäten. Som en del av en självstyrande elbransch måste elnätsbolagen anta samma standarder, använda samma koder och implementera samma riktlinjer och tillämpa samma "gränssnitt" mot kunderna.

¹⁹ www.ebre.se/

²⁰ www.entsoe.eu/network_codes/

Aktiviteterna i programområdet Standardisering visas i figur 8.

Figur 8: Tidsatta aktiviteter inom programområdet Standardisering.

Mål: Ta fram konsekventa förutsättningar för anslutning av all utrustning i alla nätområden. Säkerställa att den utrustningen som ansluts överensstämmer med godkända standarder och koder för att minimera dess påverkan på elsystemet.

Aktiviteter	Kort sikt	Medellång sikt	Lång sikt
11 Nätkoder	Implementera EU:s nätkoder	Implementera nya nätkoder från EU	Alla elnätsbolag tillämpar EU:s alla nätkoder och all utrustning som ansluts till elnäten är kompatibla med gällande standarder och överträdelser beivras
12 EU DSO Entity	Aktivt deltagande i EU DSO Entitys styrelse samt i enhetens arbete	Påverka utvecklingen av nya nätkoder i en riktning som är positiv för svenska lokalnät samt fördjupa samarbetet med transmissionsnätsoperatörer (TSO)	Skapa regelverk på europeisk nivå som främjar drift och planering av distributionsnät i tät samordning med drift och planering av transmissionsnät, underlätta integrationen av lokala energilösningar och bidra till digitaliseringen av distributionssystem med hjälp av Strategin för öppna elnät.
13 Apparatstandarder	Aktivt deltagande i Energiforsks standardiseringsarbete	Bidrar till internationella standarder för att säkerställa att de är lämpliga för Sverige. All utrustning som ansluts till elnäten ska överensstämma med godkända standarder	All utrustning som ansluts till elnäten är kompatibla med gällande standarder och överträdelser beivras
14 Nätteknik	Initiera ett standardiseringsarbete inom prioriterade områden	Implementera gemensamma teknikstandarder	Tillämpa standardiserade tekniklösningar inom flera områden
15 Cybersäkerhet	Aktivt deltagande i EU DSO Entitys arbete med den nya nätkoden för cybersäkerhet	Implementera nätkoden för cybersäkerhet	Övervaka hotbilden beträffande cybersäkerhet och förbättra skyddet mot observerade hot
16 Autonoma distribuerade energilösningar	Studera lämpliga standarder för autonoma distribuerade energilösningar	Bidra till standarder för autonoma distribuerade energilösningar	Implementering av standarder som säkerställer stabilitet för autonom distribuerade energilösningar

4.7 Nät drift, övervakning och stabilitet

Programmet för Nät drift, övervakning och stabilitet i elnäten härstammar delvis från elnätsbolagens problem med många autonoma distribuerade energilösningar som agerar samtidigt, vilket kan leda till instabilitet eller överbelastning i elnäten. I och med att verksamheten blir alltmer beroende av IT-lösningar ställs stora krav på cybersäkerheten, då många Internet-anslutna enheter styr användning och drift av elnäten. Detta programområde är också nära besläktat till aspekter av programmet kring Standardisering, vilket kan ses som standardisering av resultat från detta program.

För att minimera avbrottstider, vilket är viktigt både för intäktregleringen och ur ett kundperspektiv, bör självläkande nät implementeras, dvs elnät som autonomt sektionerar om sig vid en felsituation, för att minimera avbrottstider och isolera felaktiga komponenter.

Energilager blir nödvändiga för att hantera variationerna i elproduktion från sol- och vindkraft.

De lagrar överskottsenergi när produktionen är hög och frigör den när produktionen är låg, vilket säkerställer en stabil elförsörjning trots den intermittenta naturen hos förnybara energikällor.

Eftersom mängden data från smarta mätare och andra digitala enheter ökar, måste nätföretagen utveckla avancerade datalösningar för att samla in, analysera och använda denna data effektivt. Detta inkluderar realtidsövervakning, automatisering av nätoperationer och användning av big data för att optimera nätets prestanda och kundrelationer.

Aktiviteterna inom detta program, som visas i figur 9, blir allt viktigare när fler distribuerade energilösningar ansluts till elnäten, och eftersom elnätsbolagen alltmer använder distribuerade energilösningar och flexibilitetstjänster som ett sätt att förbättra leveranskvaliteten och hanteringen av förbrukningsprofilen, men också eftersom distribuerade energilösningar kan försämra leveranskvaliteten och skapa överbelastningar.

Figur 9: Tidsatta aktiviteter inom programområdet Nät drift, övervakning och stabilitet.

Mål: Se till att de öppna elnäten är stabila genom förbättrad övervakning av distributionsnäten och deras förbättrade synlighet för driftoperatörer.

Aktiviteter	Kort sikt	Medellång sikt	Lång sikt
17 Distributionsnätets övervakning och synlighet	Utrullning av övervakningssystem för distributionsnät och system för att använda data per fas från smarta elmätare i driften av elnäten. Mätning av övertoner och spänningskvalitet per fas kompletterar mätning av spänningsnivåer, energi- och effektlöden	Omfattande kunskap om distributionsnäten och nya analysverktyg kan möta operativa krav för nät drift, med data som tillhanda-hålls i realtid	Förbättra kvaliteten på data för övervakning av distributionsnäten och på data från elmätarna.
18 Nätstabilitet	Undersök implikationerna av många autonoma distribuerade energilösningar och metoder för kontroll för att säkerställa stabilitet och undvika överbelastning	Testa styrsystem för att hantera många autonoma distribuerade energilösningar för att säkerställa stabilitet och undvika överbelastning	Inför styrsystem för autonoma distribuerade energilösningar
19 Tillhandahållande av information om distributionsnäten	Tillhandahållande av tillgänglig nätinformation till driftpersonal	Tillhandahållande av utökad nätinformation till driftpersonal	Tillhandahållande av utökad nätinformation till driftpersonal

20	Självläkande nät	Testa självläkande nät i begränsad omfattning	Utarbeta riktlinjer för hur självläkande nät implementeras	Inför självläkande nät i stor skala
21	Systemstöd	Påbörja införandet av system för att proaktivt kunna balansera last och produktion i realtid	Implementera nya systemstöd på bred front	Förbättra systemstödet med ytterligare funktionalitet

4.8 Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet

Detta program handlar främst om att förstå distributionsnätens förmåga att ansluta distribuerade energilösningar, förstå hur distribuerade energilösningar kan orsaka spänningsvariationer och överbelastning i elnäten och söka lösningar på dessa överbelastningar från icke-traditionella lösningar (till exempel från spänningsregulatorer, distribuerade energilösningar och/eller flexibilitetstjänster) som komplement till nätförstärkningar.

Eftersom distribuerade energilösningar främst ansluts till distributionsnäten, krävs det större kunskap om dessa nät, deras kapacitet att ansluta ny utrustning och hur överbelastning uppstår och hur det kan undvikas. Ofta utgör en kombination av nätförstärkningar och flexibilitetstjänster det ekonomiskt fördelaktigaste alternativet för att hantera ökade belastningar i näten.

En del av detta program består av att bygga upp kompetens för att handla upp tjänster från marknaden för att förhindra överbelastning. Detta är en viktig framgångsfaktor för att förverkliga Handlingsplanen för öppna elnät.

Nätföretag bör därför utveckla sina upphandlingsprocesser för att säkerställa att de effektivt kan jämföra traditionella nätlösningar med alternativ från tredje parter. Detta inkluderar att testa och implementera nya upphandlingsstrategier som kan inkludera distribuerade energilösningar och efterfrågefleksibilitet, som kan realiserar på nationella eller lokala marknader samt med bilaterala avtal.

Slutligen innebär detta program att det byggs upp kompetens kring off-grid-lösningar, för avlägsna områden där det är mer ekonomiskt att försörja kunder med lokal utrustning, eller eventuellt med nanonät, än det är att leverera el till kunderna med konventionella elnät. Detta program handlar till viss del om tekniskt "know how" kring elförsörjning i avlägsna områden, men särskilt tar det upp den expertis som krävs för att samverka med kunder, elhandlare, tillsynsmyndigheter och andra vid övergången till ödrift av isolerade elnät. Detta är tillämpningar som inte praktiserats i Sverige eller någon annanstans på senare tid, för att säkert förflytta kunderna från ett paradigm till ett annat, liksom att arbeta igenom de regulatoriska aspekterna med myndigheter och elhandlare.

Aktiviteterna i programområdet Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet visas i figur 10.

Figur 10: Tidsatta aktiviteter inom programområdet Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet.

Mål: Förstå elnäten på ett djupare plan, deras förmåga att ansluta distribuerade energilösningar, flaskhalshandling och kontrakt för tredjepartstillträde. Säkerställa förståelsen av bestämmelser och skyldigheter de medför.			
Aktiviteter	Kort sikt	Medellång sikt	Lång sikt
22 Förståelse av elnäten	Utreda distributionsnätens kapacitet och begränsningar samt utveckla förbättrade beräkningsalgoritmer	Samla in omfattande data om distributionsnätens driftförhållanden samt implementera förbättrade beräkningsalgoritmer	Elnätsbolagen har detaljerade uppgifter om distributionsnätens skick, prestanda och användning med modeller för analys och simulering

23	Kontrakt för att stabilisera elnäten	Undersök krav på tjänster för nätstabilitet och upphandla sådana för att se vilka lösningar marknaden kan erbjuda.	Utveckla nödvändiga processer för att stödja upphandling av tjänster för nätstabilitet genom att prova olika lösningar	Implementera dessa lösningar på bred front hos elnätsbolagen
24	Anläggningsförvaltning	Studera relevanta standarder och tillämpningar	Förbättra anläggningsförvaltningen genom att dela kunskap mellan elnätsbolagen	Konsekvent använd plan för anläggningsförvaltning som används av elnätsbolagen
25	Hantera spänningsvariationer	Utvärdera icke traditionella lösningar	Utarbeta rekommendationer om användning	Tillämpa lösningar när så erfordras
26	Off-grid lösningar	Testa off-grid-lösningar	Använd i avlägsna områden där det är billigare än konventionella elnät	Överenskommelse som bygger på best practice som tillämpas av elnätsbolag och andra aktörer på elmarknaden

5

Resultat

I detta avsnitt redovisas vad som sker inom de olika programområdena och vilka organisationer som bidrar till att strategin förverkligas. En viktig del i detta arbete är den omvärldsanalys som ligger till grund för revisioner av strategin. Denna del är ett programområde i sig. Vidare presenteras de resultat som nåtts inom de olika programområdena.

5.1 Elnätsbolagens utveckling

Olika elnätsbolag har kommit olika långt i arbetet med att implementera Strategin för öppna elnät. Man kan identifiera fem utvecklingssteg i implementationen:

- Initial
- Begynnande
- Utvecklad
- Mogen
- Ledande

5.1.1 Initial

Nätbolaget:

- Har begränsad övervakning och styrning av ledningsnätet.
- Genomför traditionella investeringar i ”stolpar och kablar”.
- Utvecklar anläggningsförvaltningen med begränsat utbyte med andra elnätsbolag.

Kunderna:

- Mycket få solcellsanläggningar (med batterier) med linjär ökning
- Mycket få elfordon med linjär ökning

5.1.2 Begynnande

Nätbolaget

- Har börjat undersöka möjligheter att förbättra styrning och övervakning av hela nätet
- Utvärderar möjligheter att använda flexibilitets-tjänster som komplement till traditionella nätinvesteringar och har förståelse för var dessa kan användas och för utmaningar att upphandla dessa
- Samarbetar med andra för att utveckla anläggningsförvaltningen

Kunder:

- Låg penetration av solcellsanläggningar (och batterier) med accelererande ökning
- Låg penetration av elfordon med accelererande ökning

5.1.3 Utvecklad

Nätbolaget:

- Har övervakning och styrning av hela nätet inkl. lågspänningsnätet, så att man ser hur nya energilösningar påverkar och har därigenom möjlighet att hantera stabiliteten i nätet på kort- och lång sikt
- Har upphandlat flexibilitetslösningar för specifika projekt
- Har anslutit nya anläggningstyper och delat erfarenheter med andra elnätsbolag

- Har börjat samarbeta med andra elnätsbolag om anläggningsförvaltningen och börjat implementera ISO 55 000

Kunder:

- Medelhög penetration av solpaneler (och batterier), men inte så hög att det föranleder nätinvesteringar eller andra åtgärder
- Medelhög penetration av elfordon, men inte så hög att det föranleder nätinvesteringar eller andra åtgärder
- Några anslutningar av nya anläggningstyper när kunderna ersätter fossila lösningar med el

5.1.4 Mogen

Nätbolaget:

- Har väl utvecklad övervakning och styrning av hela nätet och använder denna på lågspänningsnätet så att kunderna kan ansluta nya energilösningar utan begränsningar
- Har en utvecklad upphandlingsprocess för flexibilitetslösningar som alternativ till traditionella investeringar
- Utvecklar processer tillsammans med andra elnätsbolag för att ansluta nya anläggningstyper
- Använder gemensamma rutiner för anläggningsförvaltningen i enlighet med ISO 55 000 tillsammans med andra elnätsbolag

Kunderna:

- Medelhög till hög penetration av solpaneler (och batterier), som föranleder nätinvesteringar eller andra åtgärder
- Medelhög till hög penetration av elfordon, som föranleder nätinvesteringar eller andra åtgärder
- Anslutningar av nya anläggningstyper när kunderna ersätter fossila lösningar med el

5.1.5 Ledande

Nätbolaget:

- Har väl utvecklad övervakning och styrning av hela nätet och använder denna på lågspänningsnätet så att kunderna kan ansluta nya energilösningar utan begränsningar
- Samarbetar med leverantörer av flexibilitets tjänster för att optimera nätdriften och minimera den totala kostnaden

- Har tillsammans med andra elnätsbolag väl utvecklade processer för att ansluta nya anläggningstyper
- Är en förebild för andra beträffande anläggningsförvaltning baserad på ISO 55 000

Kunderna:

- Hög penetration av solpaneler (och batterier), som föranleder nätinvesteringar eller andra åtgärder
- Hög penetration av elfordon, som föranleder nätinvesteringar eller andra åtgärder
- Anslutningar av nya anläggningstyper när kunderna ersätter fossila lösningar med el

5.2 Bidragande organisationer

5.2.1 Elinorr

Elinorrs resurser är begränsade till den tid som medlemsföretagens medarbetare bidrar med i föreningens projekt. Till stöd för arbetet kan extern projektledning avropas. Men syftet i projekten är alltid att bygga upp kompetens inom medlemsföretagen, varför externa resurser avropas i så liten utsträckning som möjligt.

5.2.2 Medlemsföretagen

Många av Elinorrs medlemsföretag bedriver utvecklingsarbete i enlighet med Strategin för öppna elnät. Resultat och kunskap från dessa projekt sprids i föreningen via nätverk och erfarenhetsutbyte vid föreningsmöten.

5.2.3 Andra organisationer

Föreningens knappa resurser räcker inte till för att vi på egen hand ska kunna förverkliga strategin i sin helhet. Därför samarbetar vi med andra organisationer, eller införlivar andra organisationers arbete, som kan bidra till att de olika delarna av strategin realiseras. I den efterföljande sammanställningen av vad som sker inom de olika programområdena redovisas hur de egna och andra organisationers arbete inkorporeras i de olika programområdena.

5.3 Kundförståelse

5.3.1 Luleå Tekniska Universitet

Luleå Tekniska Universitet²¹ är mycket aktiva inom områdena elgenerering, transport av elektrisk energi

²¹ <https://www.ltu.se/research/subjects/Elkraftteknik?l=en>

samt växelverkan mellan elnät, elgenerering och elanvändning²².

Inom området interaktion mellan nätet och kunder eller utrustning som är ansluten till nätet och på hur ny utrustning påverkar nätet har forskningen internationellt rykte.

Man forskar även om integrationen av förnybar elproduktion och energieffektiva typer av elförbrukning.

5.3.2 Drift-, beräknings- och GIS-system

För simulering och förståelse av hur nya belastningstyper och distribuerad produktion påverkar näten, utvecklar leverantörer av drift-, beräknings- och GIS-system ny funktionalitet²³.

5.3.3 Minskad sammanlagring

Införandet av teknologier som lastbalansering, användarflexibilitet, mikroproduktion, batterilager och deltagande på reglerkraftmarknaden ökar den totala energiomsättningen i elnätet utan att enskilda kunder nödvändigtvis höjer sina abonnemang. Eftersom dessa lösningar ofta leder till samtidiga toppar i både förbrukning och produktion, minskar den naturliga sammanlagringseffekten. Detta kräver att elnäten dimensioneras för att hantera högre toppbelastningar, vilket innebär behov av större distributionstransformatörer och förstärkt nätkapacitet för att säkerställa nätets stabilitet och funktionalitet.

5.4 Övervaka osäkerheter och justera strategin

5.4.1 Vätgas

Enligt Vätgas Sverige²⁴ så faller produktionskostnaden för vätgas brant under de kommande åren. Dessutom kan vätgas lagras mycket stora energimängder över lång tid och ger då en önskad funktion till energisystemet och möjliggör lösningar för power-to-gas-to-power, även om verkningsgraden är låg.

I den strategiska visionen om ett klimatneutralt EU förutses att andelen vätgas i Europas energimix ska

växa från mindre än 2 procent i dag till 13–14 procent fram till 2050²⁵.

En studie från Energiforsk²⁶ pekar på att det kommer att krävas en storskalig utbyggnad av en helt ny infrastruktur för vätgas i omställningen till ett klimatneutralt svenskt energisystem och att det bildas industrikluster med lokala gasnät. Vätgasanvändningen kan öka kraftigt och även nya vätgaskluster byggs upp, inte minst kring stålindustrin i norra Sverige, men även kring kemiindustrin på västkusten. Inom järn- och stålproduktionen antas vätgas spela en viktig roll, lätta transporter kommer till stor del att elektrifieras och fjärrvärme spelar en fortsatt stor roll i omställningen av energisektorn.

Investeringar i vätgasinfrastrukturen är viktig både för att nå klimatmålen och för att få ett energisystem i balans. Man bör nu på nationell nivå börja samplanera el- och gasinfrastrukturen, så kallad sektorkoppling, och att börja förbereda för en modell som skapar samhällsnytta genom att vara öppet för alla som vill ansluta sig.

Energimyndigheten har utarbetat ett förslag till nationell vätgasstrategi²⁷. Man föreslår två planeringsmål för elektrolysörkapacitet. Målet till 2030 är att skapa förutsättningar för 5 GW (el) elektrolysörkapacitet och ytterligare 10 GW (el) elektrolysörkapacitet till 2045, totalt 15 GW. Genom planeringsmålen blir det tydligt vilken mängd vätgas, och därmed elektrolysörkapacitet, som krävs för att ta tillvara de möjligheter till fossilfrihet som finns.

Kapacitet i enlighet med de föreslagna målen innebär ett ökat elbehov mellan cirka 60 och 126 TWh per år. Vilket kan leda till utsläppsminskningar på 1,5–3 miljoner ton koldioxidekvivalenter (CO₂ekv) till 2030, motsvarande 3–6 procent av Sveriges totala utsläpp idag och totalt 7–15 miljoner ton till 2045, motsvarande 15–30 procent av Sveriges totala utsläpp idag.

Vätgas och elektrobränslen kan användas som insatsvara och som bränsle i industrins processer och inom flera delar av transportsektorn. Vätgaslager kan

²²www.ltu.se/research/subjects/Elkraftteknik/Forskningsprojekt/Pagaen-de-projekt?!=en

²³ <https://www.psi.de/en/home/>
<https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid.html>
<https://www.hitachienergy.com/se/sv/markets/utilities/energy-distribution>

<https://upa.trimble.com/sv-se>
<https://digpro.com/sv/>

²⁴ www.vatgas.se

²⁵ eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=EN

²⁶ energiforsk.se/nyhetsarkiv/nya-ron-om-gasens-roll-i-sverige/

²⁷ <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2021/forslag-till-nationell-strategi-for-fossilfri-vatgas/>

på sikt bidra till att balansera ett elsystem bestående av alltmer intermittent/variabel elproduktion.

Produktion av vätgas sker på två sätt:

- Elektrolys av vatten
- Ångreformerings av naturgas eller biogas

Vid ångreformerings kan teknik för avskiljning och lagring av koldioxid användas (carbon capture and storage, CCS).

Verkningsgraden för produktion av vätgas ligger på ca 65 %. Tar man hand om spillvärmen för fjärrvärme så ökar den till 95 %. I bränsleceller har man en verkningsgrad på ca 55 %. Spillvärmen kan värma kupén vid fordonsdrift.

Hyundai och Toyota är de fordonstillverkare som leder utvecklingen av vätgasdrivna fordon enligt Dagens Industri²⁸.

Något som är en utmaning med vätgas är att den kräver mycket höga tryck (200 bar – 700 bar) för transport och lagring.

5.4.2 Elektrobränslen

Förnyelsebara e-bränslen så som e-metanol kan tillverkas av vätgas och koldioxid. Med hjälp av el från till exempel vindkraft spjälkas först vatten till syrgas och förnyelsebar vätgas. Därefter blandas vätgas och koldioxid till metanol i en reaktor. E-bränslen kan ha en marknad i applikationer så som flyg och fartygsdrift. Även om priset är högre än för fossila bränslen finns en efterfrågan från marknaden. Miljörörelsen menar att satsningen på e-bränslen inte lämpar sig för fordonsdrift. I stället menar man att elektrifiering av fordon genom batterianvändning är överlägset det effektivaste sättet av få ned utsläppen från bilarna²⁹.

5.4.3 Produktionskostnad för el

Produktionskostnad för små- och storskalig centralt placerad eller distribuerad förnyelsebar elproduktion sjunker.

Enligt International Renewable Energy Agency (IRENA)³⁰ är nu kostnaden för nybyggd förnyelsebar produktion i form av solceller och vindkraft lägre än driftkostnaden för befintlig kolkraft.

5.4.4 Utveckling av industriella processer

Fler och fler delar av näringslivet deklarerar hur de ska minska sina CO₂-utsläpp. Inom ramen för Fossilfritt Sverige³¹ har 22 olika branscher tagit fram färdplaner för att visa hur de kan stärka sin konkurrenskraft genom att bli fossilfria eller klimatneutrala. Dessa färdplaner pekar på ett kraftigt ökande elbehov för att klara klimatomställningen.

5.4.5 Solceller och energilagring

Det finns flera typer av energilagring så som magasin för vattenkraft, pumpkraftverk, kemiska och mekaniska lager. Vi fokuserar dock här enbart på energilagring med batteriteknik.

För första gången har vi sett en prisuppgång på batterier det senaste året. Priset har ökat till 151 \$/kWh, vilket motsvarar en ökning med 7%³³. Ökningen beror på stigande världsmarknadspriser på råvaror efter Rysslands anfall mot Ukraina. Förmodligen kommer batteripriset att börja sjunka igen 2024, när litiumpriserna förväntas minska efter att mer utvinnings- och raffineringkapacitet kommer online

Energimyndigheten har en bra hemsida om installation av solceller³⁴. Den förväntade återbetalningstiden på solcellsanläggningar för konsumenter (villaägare) ligger på ca 15 år med 2 % kalkylränta.

Prisutvecklingen på solceller följer Swanson's lag med en inlärningstakt på drygt 20 %, dvs priset sjunker med ca 20 % varje gång som den kumulativa levererade volymen solceller dubblas.

²⁸ <https://www.di.se/bil/toyota-och-hyundai-i-taten-men-da-kan-genombrottet-komma/>

²⁹ https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2021_Efuels_in_cars_briefing.pdf

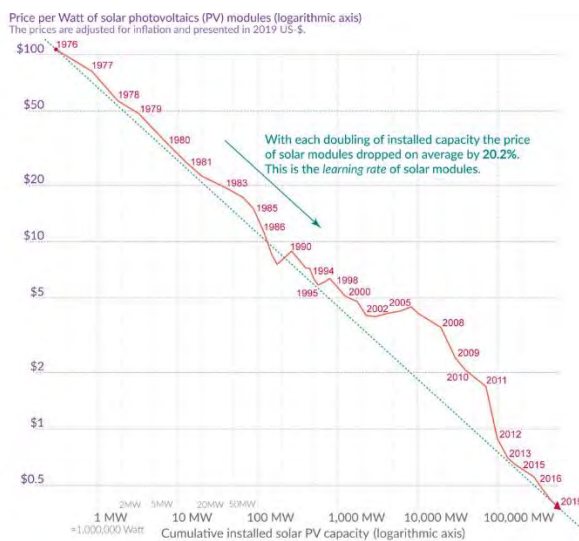
³⁰ www.irena.org

³¹ www.fossilfritt Sverige.se

³³ <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/>

³⁴ <https://www.energimyndigheten.se/fornybart/solelportalen/>

Figur 11: Priset på solpaneler enligt IRENA³⁵:



Enligt Energimyndighetens³⁶ statistik har installerad effekt i solcellsanläggningar ökat med drygt 60 % per år sedan man började med sin statistik.

Figur 12: Installerad effekt i solcellsanläggningar

ÅR	MW
2016	140
2017	230
2018	411
2019	698
2020	1090
2021	1587
2022	2374

Solenergimarknaden i Europa växer snabbt³⁷, med 41,4 GW ny kapacitet installerad 2022, en ökning med 47 %. I Sverige installerades 1,1 GW ny solkraft, vilket markerar landets första GW-skala. Tillväxten drevs av höga energipriser och ökad energisäkerhet. Fram till 2026 förväntas fortsatt stark tillväxt, vilket kräver investeringar i elnätet för att hantera den ökade solenergi kapaciteten.

Solceller med kiselteknik har en teoretisk högsta verkningsgrad på 30 %. Kommersiella celler ligger i dag på mellan 17 % och 21 %

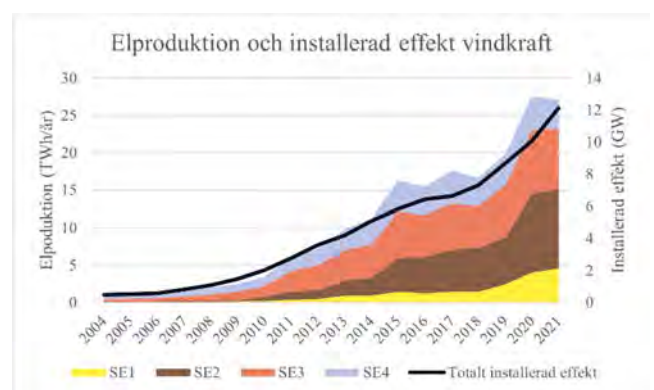
verkningsgrad. Man räknar med att komma upp till mellan 20 % och 26 % år 2027 enligt solcellskollen.se .

Mittuniversitetet (MIUN) experimenterar med superkondensatorer som energilager. Tekniken bygger på cellulosa som bärare för grafen i kondensatorerna . Dessa kondensatorer blir större än dagens bästa teknik, men har potential att bli billig per lagrad kWh. Vid stationära tillämpningar i elkraftsammanhang är vikt och volym av mindre betydelse om priset är lågt.

5.4.6 Prisutveckling för vindkraft

Enligt Energimyndigheten har produktionskostnaden för vindkraft minskat med 45 procent mellan 2008 och 2017, från 83 öre/kWh till 45 öre/kWh³⁸. I en rapport från 2021 som utarbetats av Energiforsk konstaterar man att produktionskostnaderna för ny vindkraft är omkring 32 öre/kWh³⁹.

Enligt statistik från Energimyndigheten sker en snabb utbyggnad av vindkraften i Sverige. Från 2017 till 2022 har årsproduktionen fördubblats till 33 100 GWh⁴¹.



5.4.7 Prisutvecklingen på elbörsen

Nord Pools systempris på el har utvecklats sig enligt nedan sedan 1996⁴². Kurvan anger veckomedelvärdet i SEK/MWh.

³⁵ <https://www.warpnews.se/energi/solenergi-i-inledning-av-en-revolution/>

³⁶ www.energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solceller

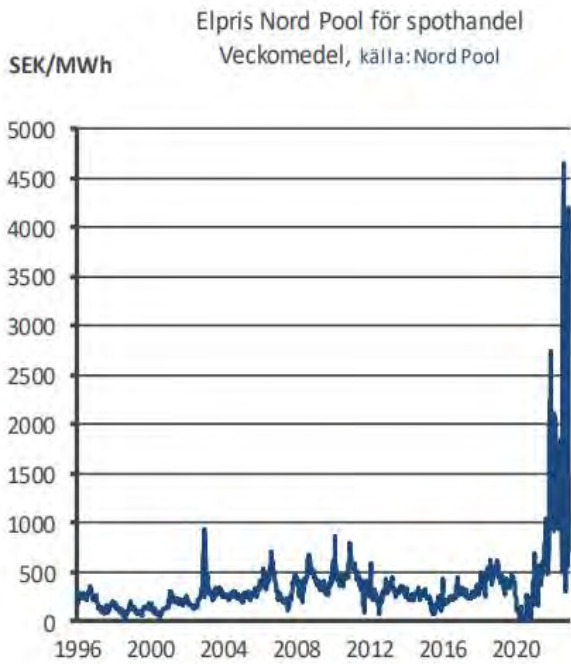
³⁷ https://constructalia.arcelormittal.com/en/news_center/articles/solar-power-europe-global-market-outlook-for-solar-power-2022

³⁸ <http://www.energimyndigheten.se/globalassets/om-oss/lagesrapporter/elmarknaden/2018/vindkraftens-teknik-och-kostnadsutveckling.pdf>

³⁹ <https://energiforsk.se/media/30735/el-fran-nya-anlaggningar-energiforskrappport-2021-714.pdf>

⁴¹ www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/vindkraftsstatistik/

⁴² <https://www.energiforetagen.se/globalassets/energiforetagen/statistik/kraftlaget/power-situation-sweden-weekly-report.pdf>



Under 2022 har marknaden varit mycket volatil, med stora prisskillnader mellan SE1/SE2 och SE3/SE4. Fördelat över elområden kostade 1 kWh i SE1 Luleå 63,30 öre, i SE2 Sundsvall 66,27 öre, i SE3 Stockholm 137,45 öre och i SE4 Malmö 161,49 öre⁴³.

5.4.8 Installationen av solceller och energilagrar per elnätsområde

Installation av solceller ökar exponentiellt och är vanligare ju längre söderut man kommer i Sverige enligt Energimyndighetens statistik⁴⁵. Skåne toppar med drygt 410 MW, medan Norrbotten har drygt 13 MW, enligt statistik för 2022.

Bloomberg räknar med en exponentiell ökning av energilagrar globalt från dagens nivå på ca 22 GWh/år till ca 178 GWh/år 2030⁴⁶.

5.4.9 Oberoende energitjänster

CheckWatt⁴⁹ är ett företag som erbjuder tjänster för att möjliggöra ett 100 % förnybart energisystem genom mätning, analys, visualisering och styrning. De tillhandahåller lösningar som innefattar möjligheten att använda batterier för att sälja kapacitet och därmed bidra till att balansera elnätet.

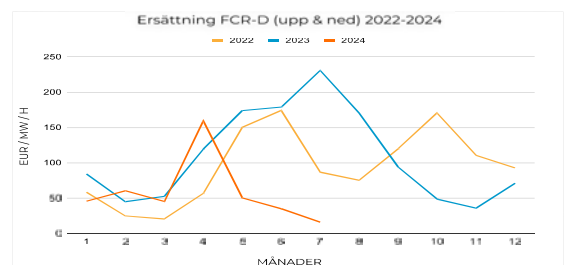
⁴³ <https://www.elbruk.se/>

⁴⁵ <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/natanslutna-solcellsanlaggningar/?currentTab=1>

⁴⁶ <https://www.energy-storage.news/bloomberg-predicts-30-annual-growth-for-global-energy-storage-market-to-2030/>

Företagets tjänster och lösningar för smarta energisystem inkluderar:

- EnergyInBalance: Driftövervakning och visualisering av energirelaterad data såsom solel, köpt och såld el, konsumtion, elbilsaddning och stationära batterilager, tillgänglig via webb och mobilapp.
- Currently: Genom att samla kapaciteten från ett flertal mindre resurser kan Currently agera som en samlad aktör emot Svenska Kraftnät och leverera stödtjänster som frekvensreglering. Därigenom kan hushåll, bostadsrättsföreningar och företag få betalt för att bidra till elnätets stabilitet. Ersättningen som CheckWatt betalar ut har varierat kraftigt över tid och har under sommaren 2024 närmast sig noll⁵⁰.



- IMD: Ett komplett system för individuell mätning och debitering, där fastighetsägare, samfälligheter eller bostadsrättsföreningar kan debitera hyresgäster eller medlemmar baserat på deras faktiska förbrukning.

5.4.10 Sveriges kraftbalans

Den svenska kraftbalansen för kommande vinter är jämförbar med prognosen inför förra vintern, och att ett importberoende finns under ansträngda effektsituationer. Sverige har god överföringskapacitet till grannländerna, men importmöjligheterna kan vara begränsade om dessa länder samtidigt har en ansträngd situation. Det geopolitiska läget är fortfarande osäkert och situationen kan ändras snabbt, men energisituationen i Europa ser i nuläget bättre ut jämfört med föregående år när det gäller tillgång till gas⁵¹. Det innebär att Sverige förväntas vara beroende av nettoimport för att klara topplasttimmen. Vid en 10-årsvinter är underskottet 2 700 MW och vid en 20-årsvinter är underskottet 3 100 MW. Kommande år förväntas kraftbalansen

⁴⁹ <https://www.checkwatt.se/>

⁵⁰ https://checkwatt.se/pdf/EIB_sasongsvariation.pdf

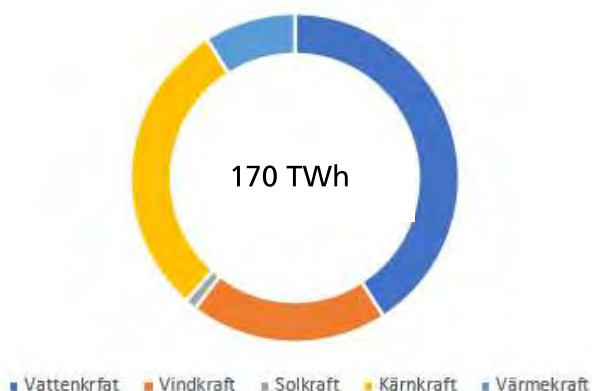
⁵¹ <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2023/kraftbalansen-pa-den-svenska-elmarknaden-rapport-2023.pdf>

försämras till ett underskott på 8 700 MW en normalvinter 2026/2027. Detta beror på att förbrukningen förväntas öka snabbare än produktionen.

Det behövs mer flexibilitet för att klara omställningen av Sveriges energisystem. Transmissionsnätet behöver också byggas ut för att effektivt kunna utnyttja systemets produktionsresurser. Därtill förväntas kraftsystemet bli mer svårplanerat då variationerna i tillgänglig effekt ökar med en större andel väderberoende produktion, och driftprognoser blir mer osäkra.

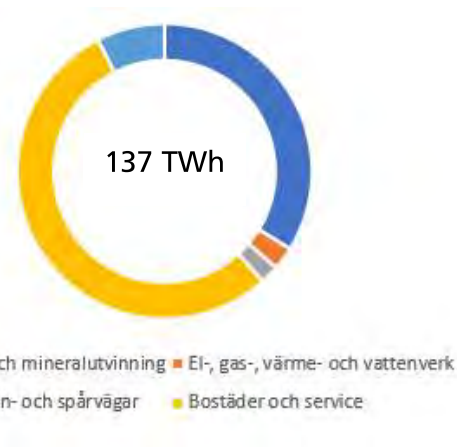
5.4.11 Sveriges elenergiöverskott⁵³

Under 2022 producerades 170 TWh el i Sverige, vilket är en ökning med 1 TWh från föregående år. Elproduktion består till största del av vattenkraft och kärnkraft. Tillsammans svarar de för 70 procent av den totala produktionen av el. Resten produceras med vindkraft, solkraft och värmekraft (industriellt mottryck, kraftvärmeverk med mera). Vindkraftsproduktionen ökade från 27 TWh till 33 TWh och solkraften ökade från 1 TWh till 2 TWh.



Under 2022 uppgick elanvändningen i Sverige till 137 TWh, vilket är en minskning med 7 TWh från föregående år. Industrin stod för 34 procent, vilket motsvarar 46 TWh, medan bostäder och service stod för 54 % av förbrukningen eller 74 TWh. Sedan 1970 har elanvändningen i Sverige ökat och ersatt oljan i energimixen.

⁵³ <https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2023/minskad-elanvandning-under-2022-i-sverige/>



Det stora elenergiöverskottet på 33 TWh exporterades, vilket gjorde att Sverige var Europas största elexportör under året.

5.4.12 Kapacitetsbrist

Enligt Svenska kraftnäts (SvK:s) systemutvecklingsplan⁵⁵ innebär energiomställningen stora utmaningar för kraftsystemet och kräver omfattande investeringar. Behovet av nyinvesteringar sammanfaller med att stora delar av transmissionsnätet har ett omfattande förnyelsebehov. För att klara till exempel kommande förbrukningsökningar till storstadsregionerna, nya industrietableringar och elektrifieringen av befintliga industrier samt möjliggöra den omfattande anslutningen av ny vindkraft kommer Svenska kraftnät att behöva investera i nya transmissionsanläggningar parallellt med omfattande förnyelseåtgärder i befintliga anläggningar. För att genomföra detta så effektivt som möjligt bygger nätutvecklingsstrategin på att samordna åtgärderna så att nya ledningar så långt det är möjligt byggs på ett sätt som både ger ökad kapacitet och så att de kan ersätta de gamla.

Under den kommande tioårsperiod finns därför i Svenska kraftnäts planer en kombination av ny- och reinvesteringar som resulterar i att man kommer att bygga ca 800 km nya ledningar och ca 25 nya stationer, under förutsättning att aktuella anslutningsärenden realiserar. Dessutom planerar man att förnya ca 1 700 km ledningar och ca 45 stationer.

Många vill ansluta till transmissionsnätet. Antalet ansökningar om att ansluta produktion och förbrukning till det svenska transmissionsnätet är

⁵⁵ https://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/2021/svk_systemutvecklingsplan_2022-2031.pdf

mycket stort, fram för allt gäller det vindkraftsanslutning. Svenska kraftnät hade i juli 2021 anslutningsansökningar om totalt 170 GW produktion och 22 GW förbrukning. Totalt har också ca 11 GW vindkraft installerats i det svenska nätet, vilket ungefär motsvarar kapaciteten i åtta stora kärnkraftsblock. Den årliga energiproduktionen motsvarar dock den som produceras i ungefär tre sådana block.

För att öka handelskapaciteten mellan svenska elområden och mellan Sverige och grannländer pågår förberedelser för några större investeringar i transmissionsnätet. Några av dessa är en likströmsförbindelse mellan södra Sverige och Tyskland, en tredje 400 kV-växelströmsledning mellan norra Sverige och Finland och ett större projekt om kapacitetshöjande åtgärder över bland annat Snitt 2.

5.4.13 Migrationen och dess inverkan på elförbrukningen

Eftersom antalet födda överstiger antalet döda och invandringen är större än utvandringen, fortsätter befolkningen att öka i Sverige⁵⁶, även om invandringen per år minskat med ca 25% sedan toppnoteringen 2016. I januari 2017 blev vi fler än 10 miljoner invånare. År 2029 beräknas folkmängden passera 11 miljoner enligt SCB⁵⁷.

I Sverige förbrukar vi drygt 13 000 KWh el per capita⁵⁸, vilket är högt internationellt sett. Med den förbrukningen placerar vi oss som 8:e nation i världen. Norge ligger på 22 000 kWh, Finland på 15 000 kWh och Danmark på knappt 6 000 kWh.

Elförbrukningen per capita i Sverige har i stort sett varit oförändrad sedan 1985, men minskat något sedan år 2000 enligt Världsbanken⁵⁹.

Den ökande folkmängden i landet leder förmodligen till en ökad elförbrukning.

Migrationen inom landet innebär i huvudsak att befolkningen ökar längs Norrlandskusten och södra Sverige och då i synnerhet i storstadsregionerna, samtidigt som flertalet orter i Norrlands inland minskar sin befolkning⁶⁰.

⁵⁶ <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/sveriges-befolkning/>

⁵⁷ <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningsframskrivningar/befolkningsframskrivningar/pong/statistiknyhet/sveriges-framtida-befolkning-2020-2070/>

⁵⁸ www.indexmundi.com/map/?v=81000&r=xx&l=sv

5.4.14 Digitalisering och artificiell intelligens (AI)

Digitaliseringen omfattar allt från nya smarta elmätare till avancerade system som möjliggör realtidsövervakning, fjärrstyrning och användning av flexibla resurser som värmepumpar. Denna omvandling ökar effektiviteten, minskar avbrottstider och förbättrar nätplaneringen. Utmaningar kvarstår dock, inklusive behovet av kompetens, nya arbetssätt och säkerhetsstandarder för att fullt ut dra nytta av digitaliseringens möjligheter och säkerställa ett pålitligt elsystem i framtiden.

Till följd av digitaliseringen ökar hoten mot verksamheten och cybersäkerheten får en ökad betydelse för elnätsbolagens leveransförmåga. SÄPO skriver i sin årsrapport⁶¹ att det framför allt är Ryssland och Kina som intresserar sig för säkerhetskänslig verksamhet i Sverige:

- Kina spionerar för att främja egen industri.
- Ryssland vill undergräva Sveriges stabilitet på olika sätt.

Digitaliseringen effektiviserar verksamheten men gör samhället mer sårbart.

- Nya elmätare med alltmer avancerad teknik ger möjligheter men även nya risker.
- IT-systemen i bolagen blir alltmer integrerade vilket gör att en störning kan fortplanta sig mellan systemen.

AI kan användas i planeringen av elnät, för att undvika överbelastning genom en korrekt dimensionering. AI kan även användas för feldetektering, felbortkoppling och självläkande nät. En annan tillämpning finns inom kundtjänst, i form av chatbotar med AI-stöd. Robotar i IT-systemen kan automatisera processflöden i verksamheten, genom att automatisera rutinarbeten.

Elnätsbolagen bör implementera EU:s digitaliseringsrättsakter genom att säkerställa att deras databehandling följer GDPR och E-privacy Regulation för att skydda kunders integritet. Genom att följa Dataförvaltningsakten kan man utveckla plattformar som underlättar säker datadelning. För tekniska innovationer som AI och digitala tvillingar

⁵⁹ data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC?locations=SE

⁶⁰ <https://www.dn.se/ekonomi/karta-sa-vaxer-och-krimper-sveriges-kommuner-kolla-din-kommun/>

⁶¹ https://www.sakerhetspolisen.se/download/18.650ed51617f9c29b552287/1649683389251/Sakerhetspolisen_arsbok%202021.pdf

bör de följa AI Act och EU:s policyprogram för det digitala decenniet. Cybersäkerhet hanteras genom att följa NIS-direktivet, och Cyber Resilience Act för att skydda nätverk och data. Genom att följa dessa rättsakter stärker bolagen sin digitala infrastruktur och säkerställer regelefterlevnad.

5.4.15 Andelen elfordon

Under 2023 mattades försäljningen av laddbara bilar av i Sverige och i maj 2024 fanns drygt 600 000 st. vilket utgör 12% av personbilsflottan⁶². Andelen laddbara bilar av nybilsförsäljningen ligger på 60%⁶³.

I Sverige finns nu 41 098 laddpunkter på 5 451 laddstationer.

Under de senaste tre åren har den globala elektrifieringen av transportsektorn ökat kraftigt, med eldrivna fordon som nu utgör en betydande andel av nyförsäljningen. I Sverige har utvecklingen varit särskilt stark under 2023, med en rekordhög andel laddbara fordon bland nyregistreringar och en markant ökning av elbilar och laddhybrider. Trots denna tillväxt finns det oro för att elektrifieringstakten kan avta på grund av ekonomiska osäkerheter och förändrade nationella styrmedel. Samtidigt har den publika laddinfrastrukturen i Sverige expanderat kraftigt under 2023, med en ökning på över 50 % av laddstationer och 75 % av laddpunkter, vilket är avgörande för att stödja den fortsatta övergången till eldrivna transporter. AFIR-förordningen ställer nya krav på laddinfrastrukturens utbyggnad, vilket Sverige på nationell nivå idag uppfyller.

5.4.16 Utveckling inom fordonsteknik

V2X- och V2G-teknik (Vehicle to Everything och Vehicle to Grid) har potential att avlasta elnätet och erbjuda flexibilitetstjänster genom att elbilar både kan ta emot och leverera el. För att implementera tekniken i stor skala krävs att tekniska, ekonomiska och regulatoriska utmaningar övervinns. Fler pilotprojekt och samarbete mellan industri och akademi är nödvändiga för att effektivt integrera V2X och V2G i elsystemet.

Den samlade kapaciteten på landets elbilar är 11 600 MWh.

5.4.17 Teknik för att kyla och värma upp lokaler samt varmvatten

Enligt Energimyndigheten⁶⁴ kommer energianvändningen i bostäder att minska fram till 2030, för att sedan öka till 2050.

Trots antagande om en ganska omfattande nybyggnation minskar energianvändning i bostads- och servicesektorn från 147 TWh 2018 till mellan 141 TWh och 145 TWh fram till 2030. Det beror främst på energieffektivisering i byggnader och att byggnader med direktverkande el konverterar till värmepumpar. Efter 2030 är potentialen för konvertering från direktverkande el uttömd och många lönsamma energieffektiviserande åtgärder redan genomförda, vilket leder till att den totala energianvändningen i sektorn ökar på grund av nybyggnation till mellan 145 TWh och 152 TWh 2050.

För att minska effektbehovet i fastigheter kan avancerad teknik användas för att optimera energianvändningen och förbättra driften. Genom att analysera historiska data, väderprognoser och beläggningsmönster kan energibehovet förutses och systemet justeras i realtid för att anpassa energianvändningen. Energilagring kan också optimeras, så att lagrad energi används under högbelastningstider, vilket minskar behovet av energi från elnätet. Dessutom kan energikrävande aktiviteter planeras om till tider med lägre elpriser eller mindre belastning på nätet.

Anpassning av belysning och klimatkontroll baserat på närvaro, dagsljus och individuella preferenser bidrar också till att minska energiförbrukningen. Genom att kontinuerligt lära sig och justera energianvändningen kan teknologin ytterligare reducera effektbehovet. Slutligen kan integrering av förnybara energikällor som solenergi optimeras för att minska beroendet av elnätet under toppbelastningar, vilket både sänker energikostnaderna och minskar effektbehovet.

5.4.18 Utveckling av off-grid-lösningar

En studie från Mälardalens Högskola⁶⁵ visar att det idag finns flertalet faktorer som kan vara drivande för en utveckling mot ett off-grid elsystem. I studiens empiriska material går det att finna tecken på att flertalet informanter tror att en förändring av dagens

⁶² www.elbilsstatistik.se

⁶³ www.bilsweden.se/statistik

⁶⁴ <https://energimyndigheten.a-w2m.se/ResourceComment.mvc?resourceId=185971>

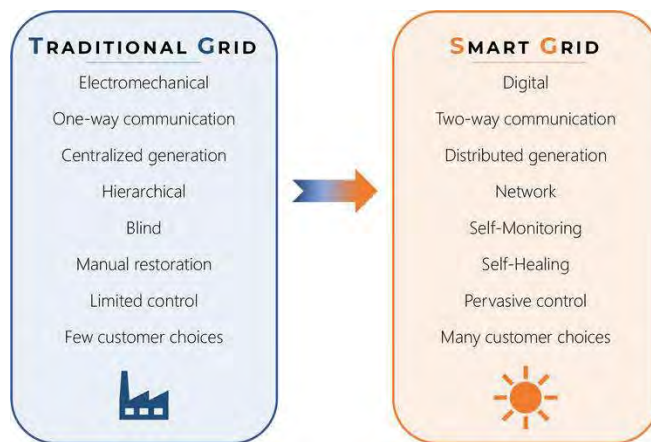
⁶⁵ [http://mdh.diva-](http://mdh.diva-portal.org/smash/get/diva2:1335788/FULLTEXT01.pdf)

[portal.org/smash/get/diva2:1335788/FULLTEXT01.pdf](http://mdh.diva-portal.org/smash/get/diva2:1335788/FULLTEXT01.pdf)

svenska elsystem behövs. Hur trolig en sådan förändringsprocess är finner studien inga svar på. De faktorer som skulle driva utvecklingen mot ett elsystem som karaktäriseras som off-grid kan identifieras som prisutveckling, utveckling i andra sektorer, ändrad tariffsättning, decentralisering, lagstiftning, ökad popularitet samt exempel där off-grid har realiserats.

5.4.19 Smarta elnät

Skillnaden mellan ett traditionellt nät och ett smart nät beskrivs i nedanstående bild från Research Trends and Challenges in Smart Grids av Alfredo Vaccaro⁶⁶



Beträffande kommunikationsteknik är det främst LoRaWAN⁶⁷ som utvecklats mycket på senare tid. LoRa, som står för Long Range, är en patenterad trådlös digital dataöverföringsteknik som utvecklats i Frankrike. En standard som vuxit och fått spridning över hela världen. LoRa används för att bygga trådlösa nät på licensfria frekvenser över större ytor. LoRa möjliggör överföring av data över långa sträckor. Fokus är låg energiförbrukning, lång räckvidd och låg felfrekvens i dataöverföringen. LoRa är en hårdvaru- och fabriksberoende standard.

Nya funktionskrav på elmätare träder i kraft 2025⁶⁸. Energimarknadsinspektionen beskriver funktionskraven på framtidens elmätare på följande sätt:

- Elmätaren ska för varje fas kunna mäta spänning, ström, aktiv energi samt aktiv och reaktiv effekt för uttag och inmatning av el.
- Elmätaren ska utrustas med ett kundgränssnitt som stöds av en öppen standard som möjliggör

för kunden att ta del av mätuppgifterna i nära realtid.

- Elmätaren ska möjliggöra avläsning av mätdata och uppgifter om elavbrott på distans.
- Elmätaren ska kunna registrera mängden överförd energi per timme och kunna ställas om till att registrera per 15 minuter.
- Elmätaren ska kunna registrera uppgifter om tidpunkt för början och slut på elavbrott längre än tre minuter.
- Det ska vara möjligt för elnätsföretaget att uppgradera och ändra inställningar i elmätaren på distans.
- Det ska vara möjligt för elnätsföretaget att via elmätaren kunna spänningssätta och fränkoppla elanläggningar på distans.
- Elmätaren ska utrustas med ett kundgränssnitt (HAN-port) som stöds av en öppen standard som möjliggör för kunden att ta del av mätuppgifterna i nära realtid.

HAN-porten på en elmätare ger kunderna direkt tillgång till realtidsdata om sin energiförbrukning, vilket möjliggör övervakning och optimering av energianvändningen i hemmet. Genom att ansluta till smarta hemsystem kan kunder automatisera energihanteringen, delta i efterfrågefleksibilitetsprogram och bli mer medvetna om sin energianvändning, vilket kan leda till kostnadsbesparingar och ett mer hållbart energibeteende.

Smarta mätare ger elnätsbolagen näst intill realtidsdata som förbättrar nätövervakningen och gör det möjligt att snabbt identifiera och åtgärda problem, vilket ökar nätets stabilitet. Genom att analysera denna data kan elnätsbolagen optimera driften och underhållet av elnätet, minska kostnader och förlänga livslängden på infrastrukturen. Dessutom stöder smarta mätare integrationen av förnybar energi och hanteringen av distribuerade energilösningar, vilket är avgörande för att anpassa elnäten till framtidens energibehov och främja en hållbar energiomställning.

Installationen av nya elmätare kräver någon form av kommunikationssystem, som även kan möjliggöra kommunikation till smart utrustning i nätstationerna.

⁶⁶www.intechopen.com/books/research-trends-and-challenges-in-smart-grids/introductory-chapter-open-problems-and-enabling-methodologies-for-smart-grids

⁶⁷ <https://lora-alliance.org/>

⁶⁸ <https://ei.se/bransch/matning-av-el/funktionskrav-elmatare>

5.4.20 Utvecklingen kring tillämpningar av blockkedjetekniken för elmarknaden

Kunder, elproducenter, elhandelsbolag och elnätsbolag kan alla potentiellt dra nytta av blockkedjetekniken. Smarta kontrakt säkerställer att alla transaktioner sker med ett säkert och oföränderligt sätt. Och tekniken kan göra det möjligt för vem som helst att bli en aktör på energimarknaden. Detta kommer att liberalisera energimarknaderna ytterligare och skulle kunna bli en betydande mekanism och teknikmöjliggörare för ett decentraliserat elsystem.

De fyra europeiska TSO:erna TenneT, Swissgrid, APG och Terna håller på att utveckla en gemensam blockkedjeplattform – Equigy⁷⁰. Syftet är att möjliggöra för slutkunder med batterilager, värmepumpar, laddbara bilar och annan styrbar utrustning att bidra med flexibilitetstjänster till elsystemet och tjäna en slant på detta. Med hjälp av plattformen kan data delas av utrustning hos slutkunder, marknadsaktörer och nätoperatörer. Plattformen kommer att möjliggöra handel över nationsgränserna i deltagande länder.

5.4.21 Uppstickare på elmarknaden

Tibber⁷¹ och Greenely⁷² säljer el med hjälp av appar i telefoner. Kunderna får information om sin förbrukning i apparna.

Tibber har ett fast pris på 49 kr per månad och gör obetydliga påslag på börspriset. De säljer även laddboxar för elbilar och annan elutrustning på hemsidan. Utöver verksamheten i Sverige så är de etablerade i Norge, Finland, Nederländerna och Tyskland.

Greenely har ett liknande upplägg som Tibber, men har ett högre pris på 69 kr per månad. De har nu verksamhet i Sverige, Norge och försöker etablera sig i Storbritannien.

Både Greenely och Tibber erbjuder förmånlig elbilsaddning mot att laddningen kan avbrytas korta perioder. Denna nedreglering säljs till SvK som en stödtjänst för frekvenshållningen.

Fokus för dessa bolag verkar vara att arbeta med flexibilitetstjänster samt att ha bra statistik i apparna, snygg layout, obetydligt påslag på börspriset och en fast månadsavgift.

⁷⁰ www.equigy.com

⁷¹ www.tibber.se

⁷² www.greenely.com

⁷³ <https://www.svebio.se/om-oss/styrelse/verksamhetsberattelse/>

5.4.22 Användning av bioenergi

Totalt används ca 143 TWh bioenergi per år i Sverige⁷³. Det finns potential för en ytterligare ökning av kapaciteten.

Andelen biobränsle som tillförs till svenska energisystemet har ökat sedan början av 1980-talet. Totalt har tillförseln av biobränsle tredubblats under de senaste 40 åren⁷⁵.

5.4.23 Covid-19

Den globala förbrukningen av el minskade under våren 2020 på grund av pandemin. Under senare delen av året steg förbrukningen till normala nivåer. Eftersom efterfrågan på el minskade i Sverige samtidigt som vattentillgången var hög, föll elpriserna till historiskt låga nivåer under 2020. Genomsnittspriset på elbörsen för 1 kWh 2020 i hela Sverige var 19,78 öre⁷⁸.

Den snabba återhämtningen efter pandemin i kombination med oroligheterna på marknaden till följd av kriget i Ukraina har gett rekordhøgt elpris. Genomsnittspriset på elbörsen för 1 kWh 2021 i hela Sverige var 58,89 öre, för att stiga ytterligare till 107,13 öre 2022.

För första gången någonsin har vi under 2020 sett negativa oljepriser, till följd av oförändrad produktion och låg efterfrågan.

En kraftig ökning av distansarbete har skett. Troligen blir det en viss kvarstående effekt, vilket kommer att öka användningen av distansmöten och minska resandet.

Främmande makter har ökat informationsinhämtningen under Corona-krisen. Att vi arbetar på distans i större utsträckning ökar riskerna för spionage.

5.4.24 Ren energi för alla i Europa

”Vinterpaketet” eller ”Ren energi för alla i Europa” (Clean energy package⁸¹) är ett europeiskt lagstiftningspaket som omfattar åtta rättsakter – förnybarhetsdirektivet, energieffektiviseringsdirektivet, direktivet om byggnaders energiprestanda, elmarknadsdirektivet, elmarknadsförordningen, krisberedskap, förordning för ACER, styrning av EU:s energipolitik. Det syftar till att underlätta

⁷⁵ <https://www.energimyndigheten.se/energisystemet/tillforsel/>

⁷⁸ <https://www.elbruk.se/>

⁸¹ www.ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en

övergången till ett mer förnybart energisystem och uppfylla EU:s åtaganden enligt Parisavtalet.

Det är framför allt inom följande områden som elnätsföretag påverkas:

- Kundinflytande, kundskydd och energigemenskaper
- Efterfrågefleksibilitet genom aggregering
- Elnätsföretagets roll som systemansvarig för distributionssystem

Riksdagen har beslutat om ändringar i ellagen till följd av genomförandet av det europeiska regelverket. Förändringarna är de största som skett efter elmarknadens avreglering och berör följande områden⁸²:

- Elnätsverksamhetens systemansvar
- Renodlingen av nätverksamheten
- Stödtjänster
- Flexibilitetstjänster
- Nätutvecklingsplaner
- Ägande av laddpunkter och energilagring
- Mikroproduktion
- Anslutningsskyldighet
- Samredovisning
- Nätföretagens fakturor
- Undantag från funktionskrav (24 tim krav)
- Standardiserade rutiner för anslutning av energilagransanläggningar

5.4.25 REPowerEU

EU-paket "REPowerEU" är en ambitiös plan som lanserades för att minska EUberoende av fossila bränslen, särskilt från Ryssland, och accelerera övergången till ren energi. Planen innehåller en rad åtgärder för att diversifiera energiförsörjningen, öka energieffektiviteten, och snabba på utbyggnaden av förnybar energi som sol- och vindkraft. En viktig del av REPowerEU är att öka produktionen och användningen av grön vätgas samt att stärka energiinfrastrukturen, inklusive elnät och energilagring. Paketet syftar också till att främja energibesparingar genom att uppmuntra konsumenter och industrier att minska energianvändningen och förbättra effektiviteten. Sammanfattningsvis är REPowerEU utformat för att göra EU mer energisjälvförsörjande, hållbart och motståndskraftigt mot energikrisen.

⁸² <https://www.energiforetagen.se/medlemsnyheter/2022/februari/ren-energi-paketet--genomforandet-av-andringar-i-elnatsverksamheten/>

5.4.26 Fit for 55

EU-paket "Fit for 55" är en omfattande plan för att minska unionens koldioxidutsläpp med minst 55 % fram till 2030, i linje med målet om klimatneutralitet 2050. Paketet innehåller en rad åtgärder inom olika sektorer som energi, transporter, byggnader och industri. Bland de centrala inslagen finns en utvidgning av systemet för handel med utsläppsrätter (ETS), skärpta mål för förnybar energi och energieffektivisering, samt införandet av en koldioxidjusteringsmekanism vid EU gränser för att förhindra koldioxidläckage. Dessutom stödjer paketet övergången till eldrivna fordon och inkluderar en social klimatskyddsfond för att hjälpa hushåll och småföretag att hantera de ekonomiska konsekvenserna av den gröna omställningen. Sammanfattningsvis är "Fit for 55" ett avgörande steg i EU strävan att bli världens första klimatneutrala kontinent.

5.4.27 Kommissionens Grid Action Plan

"Grid Action Plan" är ett policydokument från Europeiska kommissionen⁸³ som föreslår åtgärder för att modernisera och stärka elnäten inom EU. Planen syftar till att stödja övergången till en hållbar energiförsörjning genom att främja integrationen av förnybara energikällor och säkerställa en stabil och effektiv energidistribution.

Planens huvudpunkter inkluderar:

1. Modernisering av infrastruktur: Uppgradera elnäten till smarta och digitaliserade system som kan hantera fluktuationer i energiproduktion från förnybara källor. Detta innefattar investeringar i ny teknik och smarta nät för att förbättra flexibiliteten och effektiviteten.
2. Integration av förnybar energi: Stärka elnäten för att kunna integrera en större andel förnybar energi, samt utveckla lösningar för energilagring och flexibilitet för att balansera utbud och efterfrågan.
3. Gränsöverskridande samarbete: Förbättra och expandera elnätsförbindelser mellan medlemsstater för att öka energisäkerheten och möjliggöra en mer integrerad europeisk elmarknad.
4. Reglering och ramverk: Uppdatera regler och marknadsdesign för att stödja investeringar i nätinfrastuktur och främja innovation som kan bidra till att uppnå klimatmålen.

⁸³ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_6044

5. Finansiering och investeringar: Säkerställa att det finns tillräcklig finansiering för nätförbättringar, inklusive genom EU-program och samarbete mellan offentliga och privata aktörer.
6. Engagemang och skydd av konsumenter: Involvera konsumenter i energiomställningen genom att ge dem verktyg för att hantera sin energianvändning och säkerställa deras rättigheter i ett mer komplext energisystem.

Genom att implementera dessa åtgärder strävar EU:s "Grid Action Plan" efter att bygga ett framtidssäkert, hållbart och säkert elnät som kan möta framtidens energibehov och klimatutmaningar.

5.4.28 Likströmsnät

Projektet Tigon⁸⁴ som finansieras av Europeiska unionens Horisont 2020 ska visa hur likströmsmikronät kan bidra till att göra EU:s elnät grönare, effektivare och mer motståndskraftigt.

De flesta nätinfrastukturer är baserad på växelström eftersom detta fungerar bäst i ett stort kraftsystem med långa ledningar. Men med ökningen av förnybar energi, som tenderar att genereras och användas lokalt, sker ett skifte från en storskalig centraliserad modell för hantering av elnät till en mer lokal modell.

De flesta populära förnybara energikällor genererar likström, antingen direkt eller via en kraftomvandlare. Eftersom de är intermittenta måste deras ström lagras i batterier som ansluts med likström. Dessutom fungerar den mesta moderna elektriska utrustningen som bärbara datorer, mobiltelefoner och LED-belysning med likström.

Det EU-finansierade projektet Tigon syftar till att skapa ett "business case" för avancerade hybridmikronät. Ny teknik kan göra det möjligt för lokal likströmsinfrastruktur att bättre integrera förnybar energi och lagra el.

Projektet CoAction i Lund inkluderar en del som handlar om likströmsnät. Fastighetsbolaget Wihlborgs planerar att starta utbyggnaden av ett likströmsnät mellan sina egna byggnader och studentbostäder hos Blekingska nationen. Projektet genomförs i samarbete med IT-entreprenören Jonas Birgerssons bolag Via Europa och syftar till att skapa ett öppet och oberoende system för energidistribution. Målet är att

på sikt avlasta det befintliga elnätet och sänka elpriserna.

En del av detta initiativ är att bygga ett batteri i en av Wihlborgs fastigheter, och Blekingska nationen har ett solenergisystem vid sin fastighet. En likströmskabel kommer att koppla samman byggnaderna, vilket gör det möjligt att dela energi mellan batteriet och solenergisystemet. Under arbetsdagar behöver Wihlborgs fastigheter elektricitet medan Blekingska ofta producerar mer elektricitet än vad som behövs i studentbostäderna vid en given tidpunkt. Överskottsenergin överförs istället till Wihlborgs fastighet och batteriet laddas. På kvällen eller helger, när energibehovet i verksamhetslokalerna är lågt, kan elektricitet överföras från batteriet till studentbostäderna.

5.4.29 Förändringar i IKN-förordningen⁸⁵

Fram tills januari 2022 var det inte möjligt att dela energi mellan bostadshus även om husen var belägna på samma fastighet och hade samma ägare. Hösten 2021 beslutade regeringen om en ändring av IKN-förordningen som ökar möjligheterna att kunna dela energi. Undantaget innebär att det inte krävs nätkoncession för markkablar mellan en produktionsanläggning eller ett energilager för el och närliggande byggnader för att dela den producerade eller lagrade elen. Det gäller både inom samma fastighet och grannfastigheter. Det kommer att förenkla för en energigemenskap att dela den el som produceras i en produktionsanläggning mellan medlemmarna i gemenskapen.

5.4.30 Tamarinden

Tamarinden är en helt ny stadsdel som byggs i Örebro. Där ska närmare 600 bostäder tillsammans kunna producera, lagra och dela energi⁸⁶. Taken kommer att ha solceller och avsikten är att koppla samman olika byggnader med ett eget likströmsnät så att elen kan delas mellan husen. Utöver detta likströmsnät kommer E.On att bygga ut sitt lokala elnät i området. Det är för närvarande oklart om det kommer att finnas en anslutning per fastighet eller en anslutning per huskropp till lokalnätet. Området kommer även att ha laddstolpar för elbilar och via en molntjänst kommer husen och bilbatterierna att samverka för att dela den energi som har producerats i området.

⁸⁴ www.tigon-project.eu/

⁸⁵ <https://svenskfattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2021-11/SFS2021-976.pdf>

⁸⁶ <https://www.energi-miljo.se/energisystem-for-framtiden/>

5.4.31 Futurum fastigheter

Futurum Fastigheter, Örebros kommunala fastighetsbolag, är bland de första fastighetsbolagen i Sverige som har sammankopplat två fastigheter (skolor) med en likströmskabel⁸⁷. De två skolfastigheterna är Navets skola och Änglandaskolan i de södra delarna av Örebro och båda har solcellsanläggningar på taken.

Tanken är att egenproducerad energi (solel) flyttas mellan fastigheterna. I den ena fastigheten, Änglandaskolan, finns också ett batterilager på drygt 110 kWh för lagring av likströmsel. Mellan fastigheterna finns ytterligare en fastighet i form av en kommunägd park.

5.4.32 Kostnad för ny kärnkraft

Enligt en studie från Svenskt Näringsliv⁸⁸ varierar kostnaden för nybyggd kärnkraft dramatiskt, och det är därför svårt att avgöra vad kostnaden för ett nytt projekt i Sverige skulle landa på under 2030-talet, men man kan anta att kostnaden ligger på mellan 37 200 kr/kW upp till 58 000 kr/kW. Medelvärden i spannet på 58 000 kr/kW ligger cirka 8 % högre än det nuvarande motsvarande genomsnittet för nybyggd storskalig kärnkraft i Europa. Detta motsvarar ett mycket pessimistiskt stagnant utvecklingsscenario in på 2030-talet och tar dessutom höjd för att Sverige har högre arbetskraftskostnader än Turkiet och Ungern som är med i snittkostnadsberäkningen.

Med detta antagande om kärnkraftens kostnadsutveckling skulle ett hypotetiskt kostnadsoptimalt framtida teknikneutralt svenskt kraftsystem att bestå i huvudsak av en tredjedel bibehållen vattenkraft, en tredjedel vindkraft samt en tredjedel bibehållen och ny kärnkraft. Detta resultat är robust mot en stor variation av ingångsvärden och antaganden i den använda modellen. Den största enskilda skillnaden från det nuvarande svenska kraftsystemet är en växande andel och mängd vindkraft och en mer begränsad ökning av mängden kärnkraft.

Svenskt Näringslivs bedömningar ligger i linje med vad Energiforsk kommit fram till⁸⁹. Enligt deras beräkningar ligger kostnaden för ny kärnkraft i

spannet mellan 40 000 kr/kW och 55 000 kr/kW. I vissa fall har man dock kunnat bygga ny kärnkraft för ner mot 20 000 kr/kW⁹⁰.

Small Modular Reactor (SMR) är en teknik som utvecklas snabbt. Den främsta skillnaden mellan en SMR och en konventionell reaktor är storleken. De små reaktorerna är mindre både rent fysiskt och effektmässigt. Där konventionella reaktorer producerar 1 000 till 1 500 MW per enhet producerar en SMR i storleksordningen 50 till 300 MW.

SMR:er skiljer sig också från dagens reaktorer genom att de har en annan säkerhetsapproach och går att tillverka och byggas mer effektivt. SMR:erna förlitar sig i högre grad på inbyggd säkerhet. De har färre aktiva system och kräver färre mänskliga ingrepp. De kan klara sig helt utan ingrepp, extern el och vattenförsörjning under överskådlig tid. De är tänkta att serieproduceras modulärt i fabrik och endast slutmonteras på site, vilket sänker produktionskostnaden och förkortar byggtiden. Kostnaden beräknas till under 20 000 kr/MW⁹¹ vilket ger en produktionskostnad på 49 öre/kWh till 64 öre/kWh.

5.4.33 Tidöavtalet

Tidöavtalet⁹² innehåller en lång rad förslag inom energiområdet, så som att:

- Förutsättningarna för investeringar i kärnkraft ska stärkas
- Det energipolitiska målet ändras från 100 procent ”förnybart” till 100 procent ”fossilfritt”
- Vattenfall omedelbart bör påbörja planeringen av ny kärnkraft
- Förkorta tillståndsprocess och ge snabbspår för ny kärnkraft
- Ge bättre förutsättningar för kraftvärme och vattenkraft
- Vindkraft ska ha konkurrensneutrala villkor

⁸⁷ <https://www.futurumfastigheter.se/nyhetsarkiv/2020-11-18-futurum-kopplar-upp-skolfastigheter-pa-samma-energinat>

⁸⁸ https://www.google.se/url?sa=t&rc=1&ec=1&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj7tdzO9Ob4AhUMQvEDHepiCC4QFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.svensktnaringsliv.se%2Ffraga%2Fprojekt_Kraftsamling_Elf%25C3%25B6rs%25C3%25B6rning&usq=AOvVaw0zwhpHASYftYpNkD7xOB8j&scshid=1657201584921940

⁸⁹ <https://energiforsk.se/program/el-fran-nya-anlaggningar/rapporter/el-fran-nya-anlaggningar-2021-714/>

⁹⁰ <https://energiforsk.se/program/karnkraft-omvard-och-teknik/nyheter/marknadsutveckling/hur-mycket-kostar-ny-karnkraft/>

⁹¹ <https://neutronbytes.com/2021/12/03/ontario-power-picks-geh-bwr-300-as-its-first-smr/>

⁹² <https://www.liberalerna.se/wp-content/uploads/tidoavtalet-overenskommelse-for-sverige-slutlig.pdf>

5.5 Handlingsplanen för öppna elnät

5.5.1 Flexibilitetstjänster

Elsystemet står inför flera utmaningar samtidigt varav de två huvudsakliga är:

- Elproduktion kommer i allt högre utsträckning från decentraliserade intermittenta energikällor
- Elanvändningen förväntas öka inom många av samhällets sektorer – främst inom industri och transport.

Utifrån dessa utmaningar uppstår en rad problem, exempelvis att elnäten inte har kapacitet att ta emot ny produktion eller att det inte finns kapacitet att tillgodose den ökade användningen. Ett sätt att lösa problemen är genom flexibilitet i elnäten.

Flexibilitet kan definieras som ”förmåga att hantera variationer och osäkerhet i utbud och efterfrågan på el” och rymmer flera olika begrepp beroende på situation, behov och åtgärder. Målet är att alltid möta efterfrågan på el under varje tidpunkt under året.

Efterfrågefleksibilitet är viktigt för att hantera förnybar energi, men det finns en ojämlikhet mellan hushåll med hög och låg inkomst. Förmögna hushåll har större möjligheter att utnyttja flexibel energianvändning, medan låginkomsthushåll riskerar att hamna efter. Inkluderande åtgärder behövs om alla hushåll ska kunna dra nytta av flexibilitet utan att kompromissa med komfort eller välfärd.

För att aktörer i elsystemet ska välja att bidra med flexibilitet krävs teknologisk infrastruktur och fungerande affärsmodeller. I Elinorrs studie av förutsättningar för flexibilitet i elnäten har tre olika flexibilitetslösningar beskrivits utifrån region- och lokalnätsperspektiv. Dessa tre är lokala flexibilitetsmarknader, upphandling av flexibilitet genom bilaterala avtal och styrning med hjälp av tariffer.

Studien beskriver, utöver olika lösningar, även vilka förutsättningar som krävs för att nätbolag ska kunna implementera flexibilitet i sin verksamhet. Ett viktigt resultat är att nätbolag behöver, för att fullt ut kunna förbereda sig för flexibilitet, göra ingående analyser av den egna verksamheten och kartläggning av vilka förutsättningar det finns i det specifika nätet. Innan nätbolaget utreder tekniska lösningar behöver de få

en insyn i vilka behov av flexibilitet som finns, samt vilka resurser i nätet som kan möta dessa.

5.5.2 Ei

I en rapport⁹⁴ från Energimarknadsinspektionen (Ei) framhålls att i ett framtida elsystem med mer variabel och småskalig elproduktion samt ökad elektrifiering, blir det viktigt att utnyttja alla flexibilitetsresurser, såsom efterfrågefleksibilitet, energilagring och flexibel elproduktion. Ei har arbetat med att främja efterfrågefleksibilitet genom effektiva prissignaler, nätutnyttjande och kundengagemang. Rapporten fokuserar på att främja flexibilitet på lokal nivå, där det är samhällsekonomiskt effektivt, och beskriver hur nätföretagen kan använda marknadsbaserade metoder för att anskaffa flexibilitetstjänster. Det framhålls också att det behövs samordning mellan distributions- och transmissionsnätsföretag och att nätföretag bör ha incitament att driva nätet effektivt. Ei konstaterar att utvecklingen av lokala flexibilitetsmarknader fortfarande är i ett tidigt skede och identifierar utmaningar samt pågående regelförändringar inom EU som kommer att påverka detta område. Ei planerar att fortsätta följa utvecklingen och bidra till arbetet med nya regler och innovationer.

5.5.3 Marknadsplattformar

Inom projektet SWITCH⁹⁵ har E.ON tagit fram en digital marknadsplats för flexibilitet. Målen med plattformen är att optimera användandet av elnätet och undvika kapacitetsbrist. De vill därigenom ta en ledande roll i att möjliggöra energiomställningen, men har insett att de inte kan göra det på egen hand. Därför involverar man kommuner, landsting, näringsliv och industrier, då det krävs ett bredare samarbete för att lösa effektproblematiken.

Switch-plattformen är öppen från november till mars, då behovet av lokal balansering i elnäten är som störst.

Som flexibilitetsleverantör kan slutkunden välja mellan tre avtalsformer. Antingen erbjuder man ständig flexibilitet, vilket innebär att elleverantören när som helst kan aktivera en sänkning av effektuttaget. En fast ersättning för ständig tillgänglighet utgår utöver ersättningen för varje period som aktiveras.

⁹⁴ <https://ei.se/download/18.42d391b41872c3dd1d564e0/1680785760065Flexibilitet-i-distributionsn%C3%A4ten-deluppdrag-3-Ei-R2023-05.pdf>

⁹⁵ <https://www.eon.se/foeretag/elnaet/switch>

I den andra varianten bestämmer slutkunden själv när man kan minska effektuttaget och lägger fria bud. Ingen fast ersättning utgår, utan endast för aktiverade perioder. I detta upplägg är det slutkunden som sätter priset på sitt erbjudande.

Den tredje produkten på plattformen innebär att nätägaren meddelar flexibilitetsmarknaden att de har behov av flexibilitet genom att lägga ut så kallade tillgänglighetsordrar och det är nätägaren som sätter priset.

Entrnce⁹⁶ är en oberoende transaktionsplattform för el som faciliterar transaktioner mellan producenter och konsumenter, oavsett av deras lokalisering, transparent och i enlighet med reglerna på den nederländska elmarknaden. Plattformen gör det möjligt för producenter och konsumenter att köpa och sälja elenergi direkt och självständigt. Dessutom erbjuder den befintliga och nya energitjänstleverantörer och elleverantörer möjlighet att utveckla Peer-to-Peer-tjänster för sina kunder.

NODES⁹⁷ är ytterligare en oberoende marknadsplats där nätägare, producenter och konsumenter av elenergi kan handla el lokalt.

5.5.4 Coordinet

Vattenfall Eldistribution, E.ON Energidistribution och Svenska kraftnät samarbetar i det gemensamma EU-projektet Coordinet⁹⁸ för att finna lösningar på den effektbrist som finns på olika platser i det svenska elnätet.

Just nu växer efterfrågan på el fortare än vad elnätskapaciteten hinner byggas ut. Bakom denna förändring ligger nyindustrialisering, urbanisering samt ökad elanvändning för en fossilfri transportsektor och industri. EU-projektet Coordinet siktar på att använda dagens elnät smartare. Totalt omfattas tre länder och 23 aktörer med en budget på totalt 150 miljoner kronor.

Demonstrationsanläggningar med lokala marknadsplatser för effektivare användning av elnätet testas på fyra områden i Sverige: Uppland, Gotland, Skåne samt Västernorrlands och Jämtlands län. Handeln sker i samarbete med SWITCH, en digital marknadsplats för flexibilitet.

⁹⁶ <https://www.entrnce.com/?hsLang=en>

⁹⁷ <https://nodesmarket.com/>

⁹⁸ <https://coordinet-project.eu/>

5.5.5 Sthlmflex

Svenska kraftnät, Ellevio och Vattenfall Eldistribution har gått samman i ett forskningsprojekt som ska skapa och pröva en flexibilitetsmarknad i Storstockholm. Enkelt beskrivet innebär det att elanvändare och elproducenter som är kopplade till elnätet bidrar till att motverka att kapacitetsbrist uppstår i elnäten. Handeln sker i samarbete med NODES, en oberoende marknadsoperatör och deras marknadsplats.

Inom ramen för sthlmflex⁹⁹ skapar man en marknad för effektflexibilitet där elnätsbolag kan köpa flexibilitetstjänster av flexibilitetsleverantörer. För elanvändaren handlar det om att avstå eller minska elförbrukningen och för elproducenten att starta elproduktion. Målet är att motverka kapacitetsbrist i elnäten och därigenom öka leveranssäkerheten.

Sthlmflex är koordinerad med och kompletterar befintliga marknader såsom spotmarknad för elhandel och balansmarknader. Det som gör sthlmflex unikt är att det sker i Sveriges största region, inom ett område med två regionnätsägare, Ellevio och Vattenfall Eldistribution. I Stockholmsregionen finns en tydlig påverkan mellan två olika regionnätsägare. Det innebär möjligheter att utbyta flexibilitetsresurser mellan olika regionnät, vilket inte har prövats tidigare.

För att bli flexleverantör med fria bud eller anbud om tillgängliga timmar behöver elanvändare kunna avstå eller minska sin elförbrukning med minst 0,1 MW aggregat. Elproducenter behöver kunna starta elproduktion med minst 0,1 MW. För anbud om tillgängliga timmar ska flexleverantören lova att kunna avstå eller minska sin elförbrukning en eller flera dagar när det är kallare än minus 5 grader.

5.5.6 Effekthandel Väst

I Göteborg har Effekthandel Väst¹⁰⁰ startat med syfte att frigöra kapacitet i det lokala elnätet. Här ska Göteborg Energi Elnät kunna köpa effektflexibilitet av sina kunder, till exempel ökad elproduktion eller minskad elförbrukning. Handeln sker i samarbete med NODES, en oberoende marknadsoperatör och deras marknadsplats.

⁹⁹ www.svk.se/sthlmflex

¹⁰⁰ <https://www.goteborgenergi.se/foretag/vara-nat/elnat/effekthandel-vast>

Göteborgs totala effektuttag ligger på max 850 MW idag. Potentialen med Effekthandel Väst är att frigöra 100 MW, som kan användas för nya ändamål.

5.5.7 UppFlex

UppFlex¹⁰¹ är ett projekt som syftar till att undersöka och utveckla lokal flexibilitet inom elsystemet, särskilt i Uppsala-regionen. Projektet fokuserar på att hitta lösningar för att hantera kapacitetsbrist i elnätet genom att utnyttja lokal efterfrågeflexibilitet, vilket innebär att kunder och företag anpassar sin elförbrukning eller produktion efter nätets behov. Målet med UppFlex är att skapa förutsättningar för en mer effektiv och hållbar användning av elnätet, minska behovet av dyra nätinvesteringar och möjliggöra en ökad integration av förnybar energi. Projektet involverar flera aktörer, inklusive elnätsbolag, energiföretag, och forskningsinstitut, och undersöker olika marknadsmodeller och tekniska lösningar för att främja lokal flexibilitet.

Slutsatserna från projektet betonar att lokal flexibilitet kan ge tekniska och ekonomiska fördelar för elnätsbolag, särskilt genom att minska toppbelastningar och undvika kostsamma nätinvesteringar. Projektet identifierade behovet av standardiserade processer för att underlätta implementeringen, men också utmaningar som att hantera komplexiteten i flexibilitetsavtal och fördela kostnader och intäkter rättvist.

5.5.8 ÖrebroBostäder

ÖrebroBostäder AB¹⁰² (ÖBO) är det första bostadsbolaget i Sverige att bli en lokal leverantör av flexibilitetstjänster till Svenska kraftnät. Det är ett paradigmskifte på energimarknaden, då ett bostadsbolag för första gången får leverera el i det nationella kraftnätet och inte bara vara en mottagare.

På sju hyreshus har ÖrebroBostäder installerat solceller på taken och litiumjonbatterier i källarna. Batterilagren är sammankopplade med varandra via en molntjänst och kan därför bete sig som ett enda stort lager gentemot elnätet. Totalt har de sju batterilagren en installerad effekt på 121 kW och kan lagra 135 kWh.

ÖBO, innovationsbolaget Power2U och InnoEnergy, som är ett samarbete mellan industri och akademi i Europa, har tillsammans utvecklat de tekniska förutsättningarna för att ÖBO ska kunna bli en lokal

leverantör av elenergitjänster och bidra till det nationella kraftnätets ökande behov av frekvensreglering.

5.5.9 FlexGrid

Flexigrid-projektet¹⁰³ är ett innovationsprojekt finansierat av EU:s forsknings- och innovationsprogram Horizon 2020. Projektets syfte är att skapa en möjliggörande arkitektur för små och medelstora elnätsoperatörer för att frigöra flexibilitetsresurser. Genom en sektorsöverskridande integration och optimering av resurser, särskilt de som finns i sambandet mellan olika energivektorer, samt efterfrågerespons genom laddningsscheman för elbilar eller lagring, kommer man att kunna möta den kommande kapacitetsbristen med flexibilitet och uppdatering av gamla system med smart teknologi.

I FlexiGrid samarbetar organisationer från hela Europa för att utnyttja digitala och smarta nätteknologier i nätets ytterkanter. Projektet kommer att leverera IoT-plattformar, peer-to-peer och peer-to-pool marknadsplatser, fordon-till-nät, kraft-till-värme och kraft-till-gas-lösningar, samt innovativa affärsmodeller. Flexigrid kommer att utrusta elnätsbolagen med avancerade verktyg för att förbättra övervakning och kontroll av distributionsnät, samtidigt som man demonstrerar både poolbaserade och peer-to-peer-marknadsmekanismer. Från dessa marknadsgenomföranden kommer vidare utveckling att demonstrera en flexibel samordningsplattform för kunder för effektiv realtidshandel med energi och nättjänster mellan marknadsaktörer.

De svenska organisationer som ingår i projektet är:

- Chalmers
- RISE
- Akademiska Hus
- Göteborg Energi

5.5.10 Villkorade avtal

Villkorade avtal möjliggör för elnätsföretag att ansluta fler kunder till elnätet trots kapacitetsbrist genom att begränsa kundens eluttag eller inmatning vid behov. Detta hjälper till att undvika överbelastning av nätet, samtidigt som det maximerar användningen av befintlig infrastruktur utan att omedelbart kräva dyra nätförstärkningar.

¹⁰¹ <https://mesam.se/projekt/uppflex-ett-samlat-aktors-grepp-om-kapacitetsutmaningen-i-uppsalaregionen/>

¹⁰² www.obo.se

¹⁰³ <https://flexigrid.org/>

5.6 Kostnadsriktig prissättning och rimlig intäktsreglering

5.6.1 Ei:s tariffutredning

Ei har utarbetat en föreskrift för hur elnätstarifferna ska utformas¹⁰⁴. Syftet med föreskriften är att elnätstarifferna ska främja ett effektivt nätutnyttjande. För att tarifferna ska kunna främja ett effektivt nätutnyttjande måste de vara kostnadsriktiga, det vill säga ge kunderna korrekta prissignaler om vad det kostar att använda nätet. Samtidigt ska tarifferna ge nätbolagen kostnadstäckning och nå intäktsramarnas nivåer.

Utifrån analysen har Ei beslutat att tarifferna byggs upp på följande sätt:

- Rörliga förlustkostnader och överliggande näts rörliga kostnader prissätts med fasta eller tiddifferentierade volymbaserade priser (öre/kWh)
- Framåtblickande kostnader prissätts med ett effektbaserat pris (kr/kWh) på flera uppmätta maxeffekter, dynamiskt eller statiskt.
- Kundenspecifika kostnader täcks med en fast avgift per kundkategori (kr/år)
- Residualkostnader prissätts utifrån säkringsstorlek eller abonnerad effekt (kr/A i fasta steg 16 A, 20 A, 35 A o s v eller kr/kWh)

Priser baserade på säkringsstorlek är inte lämpliga för att fördela framåtblickande kostnader, då de ger för litet incitament för kunderna att anpassa sitt förbrukningsmönster.

En harmonisering av tariffkonstruktionen hos elnätsbolagen förenklar och främjar investeringar i förnybar energi och batterilager genom en enhetlig och transparent prisstruktur. Detta skulle minska komplexiteten för producenter och konsumenter, underlätta nätanslutningar, och bidra till en effektiv användning av elnätet över hela landet.

5.6.2 Elnätstariffer för energilager

Batterilager som används för stödtjänster på frekvensregleringsmarknaden kan leda till ökad belastning och möjliga flaskhalsar i lokalnätet, särskilt under perioder med hög efterfrågan. Även om batterilagren kan generera ekonomiska vinster, kan de samtidigt medföra ökade kostnader för nätägare, som kan behöva justera effekttariffer eller uppgradera

nätet för att hantera den extra belastningen. Det är därför viktigt att noggrant överväga både tekniska och ekonomiska aspekter innan batterilager installeras i lokalnätet.

Enligt EU kan "Double charging of network tariffs" innebära ett problem för etableringen av energilager¹⁰⁶, dvs att energilager debiteras nätavgifter både när de laddas och när den lagrade energin matas tillbaka till nätet. Detta minskar lönsamheten för energilager och kan hämma investeringar, vilket försvårar integrationen av förnybar energi och utvecklingen av ett flexibelt energisystem. För att stödja energilagring och effektivt utnyttja dess potential rekommenderas att eliminera dubbel debitering, så att nätavgifter endast tas ut när energin konsumeras av slutanvändaren.

5.6.3 Ett förändrat regelverk för framtidens el- och gasnät

I en ny omfattande utredning (SOU 2023:64¹⁰⁷) som syftar till att uppdatera regelverket för Sveriges el- och gasnät, presenteras förslag till betydande lagändringar för att anpassa det till EU-lagstiftningen och stärka den nationella energimarknadens konkurrenskraft. Dessa inkluderar ändringar i både el- och naturgaslagarna och ett upphävande av lagen om särskilt investeringsutrymme för elnätsverksamhet (LOSI), planerat att träda i kraft vid årsskiftet 2024/2025.

Förslaget fokuserar på att förbättra effektiviteten och rättvisan i energimarknadsregleringen, vilket är centralt för Sveriges övergång till ett samhälle utan nettoutsläpp av växthusgaser. En huvudpunkt är att ge Energimarknadsinspektionen (Ei) utökade befogenheter, inklusive förmågan att självständigt fastställa intäktsramar och meddela regleringsföreskrifter. Förslaget innefattar också ändringar för att effektivisera överklagandeprocessen av Ei:s beslut, med mål att domstolar ska avgöra mål inom sex månader, samt förbättra kundernas delaktighet i regleringsprocessen genom offentlig konsultation.

Denna utredning har dock mötts av betydande kritik. Experter anser att förslagen är för omfattande och att mer av den befintliga lagstiftningen borde bevaras. De föreslår att endast de delar som strider mot EU-rätten och myndighetens oberoende bör ändras. Det finns även oro över Ei:s utökade befogenheter, där

¹⁰⁴<https://ei.se/download/18.b0dbdc118002bc176c133ae/1650953845317/EIPS-2022-1-om-utformning-av-n%C3%A4ttariffer-P%C3%B6r-ett-effektivt-utnyttjande-av-eln%C3%A4tet.pdf>

¹⁰⁶ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a6eba083-932e-11ea-aac4-01aa75ed71a1>

¹⁰⁷https://www.regeringen.se/contentassets/924d3459bc364d8e8cd7e23d16376248/sou-2023_64_pdf-a_webb.pdf

experterna rekommenderar att viktiga metodval bör ingå direkt i Ei:s beslut för att öka transparens och möjligheten för direkt överprövning. Dessutom framhålls behovet av att förstärka Ei:s organisation och skapa en organisatorisk separation mellan enheter som meddelar och tillämpar föreskrifterna.

En annan diskussionspunkt är hanteringen av avvikelser från intäktsramen. Experter betonar vikten av att nätföretagen kan rulla över underskott till efterföljande tillsynsperioder för att stabilisera prisutvecklingen och underlätta långsiktig planering.

5.6.4 Rättsläget sommaren 2024

Energimarknadsinspektionen (Ei) har tillkännagivit en fortsättning av den nuvarande regleringsmodellen för intäktsramar för svenska elnätsföretag fram till 2027, med anpassningar baserade på nyligen inträffade rättsliga beslut. Denna utveckling kommer efter omfattande juridiska överklaganden från elnätsföretagen mot Ei:s tidigare beslut om metodbyte.

Ei:s beslut bygger på en rad domstolsbeslut som ifrågasatte myndighetens rätt att begära vissa uppgifter från företagen. Efter att kammarrätten upphävt ett tidigare beslut till förmån för elnätsföretagen, har Ei valt att inte gå vidare med sitt överklagande och istället pausat sitt föreslagna metodbyte.

Som resultat fortsätter den nuvarande modellen, med vissa justeringar, att gälla för perioden 2024-2027. Den 3:e april 2024 hade man meddelat alla intäktsramar för reglerperioden 2024-2027, fast de enligt ellagen skulle ha meddelats i oktober 2023.

5.7 Standardisering

5.7.1 Nätkoder

Internationell klimatpolitik och europeisk energipolitik får en allt större påverkan på det svenska elsystemet och elmarknaden. De senaste årens införande av omfattande europeisk lagstiftning kräver ett nära samarbete mellan de europeiska DSO:erna – något som innebär många fördelar men även mindre utrymme för självbestämmande.

De viktigaste målen för EU:s energipolitik är försörjningstrygghet, ett rimligt elpris och minskade koldioxidutsläpp. Det uppnås enligt Kommissionens, Rådets och Parlamentets bedömning mest effektivt

genom en integrerad europeisk elmarknad. Den europeiska lagstiftningen talar om vilka metoder och villkor som ska finnas och om dessa ska vara nationella, regionala eller europeiska. EU-förordningarna beskriver också hur det går till för att få metoderna och villkoren godkända.

Arbetet med EU:s nätkoder¹¹¹ startade år 2009 som en följd av det så kallade tredje inre marknadspaketet för el och naturgas. Regelverket syftar till att genomföra en gemensam inre marknad för el och naturgas. Detta ska öka försörjningstryggheten, bidra till hållbar elförsörjning och stärka konkurrensen på elmarknaden till nytta för Europas elkunder.

Elinorr är medlem i CEDEC som arbetar på europeisk nivå för att utveckla framtidens europeiska elsystem. Vi har också etablerat en allt tätare dialog med myndigheter och departement för att påverka regelverken i en riktning som är fördelaktig för lokala elnätsbolag, eller i vart fall inte missgynnar dessa.

De europeiska regelverken berör områden som exempelvis marknadsdesign, balanseringsprocessen och utformning av stödtjänster. Syftet är att harmonisera länders regelverk, när de europeiska elnäten och elmarknaderna blir alltmer sammankopplade.

För närvarande finns nio nätkoder varav tre handlar om anslutning, tre om marknaden, två om drift och en om cybersäkerhet.

Anslutning:

- Nätanslutning av generatorer (RFG)
- Anslutning av förbrukare (DCC)
- Nätanslutning av system för högspänd likström (HVDC)

Marknad:

- Kapacitetstilldelning och hantering av överbelastning (CACM)
- Förhandstilldelning av kapacitet (FCA)
- Balanshållning avseende el (EB)

Drift:

- Drift av elöverföringssystem (SO)
- Nödsituationer och återuppbyggnad (ER)
- Cybersäkerhet (CS)

¹¹¹ www.entsoe.eu/network_codes/

En ny kod för användarflexibilitet håller på att utarbetas..

5.7.2 EU DSO Entity

Som en del av paketet ”Ren energi för alla”, som beslutades i EU i slutet av 2018, ingick ett beslut om att bilda en ny elnätsorganisation på EU-nivå – EU DSO Entity¹¹², som startade sin verksamhet under hösten 2021. Ett av skälen är att stamnätsoperatörernas organisation ENTSO-E ska ha en motsvarighet för lokala elnätsföretag som hanterar frågor rörande lokalnäten. Medlemskap är öppet för elnätsföretag inom EU. Syftet är att arbeta med bland annat nätkoder, användarflexibilitet, digitalisering, cybersäkerhet och integrering av förnybar energi.

Det första uppdraget för EU DSO Entity är att utveckla nätkoder, förbättra cybersäkerhet och utveckla regelverk för införande av paketet ”Ren Energi för alla”. Enheten ger DSO:er en stark röst vid införandet av det nya paketet.

Via enheten kommer DSO:er att kunna formellt delta i utvecklingen av EU:s ramverk och samarbeta med TSO:er genom ENTSO-E om gemensamma nyckelutmaningar för utvecklingen av energisystemet mot ytterligare integration av förnybara energikällor och stödja energieffektivitet samt minskning av CO₂-utsläpp.

Enheten skapar lika villkor för TSO:er och DSO:er och bygger på befintlig lagstiftning och kommer att hjälpa till att rationalisera kontakterna med europeiskt organ.

Under 2020 och 2021 lyckades Elinorr med att få in Stefan Sedin från Jämtkraft i styrelsen för EU DSO Entity. Föreningen låg även bakom att få en stark nordisk representation i ledningen för entiteten. I enhetens arbetsgrupper och kansli deltar medarbetare från Elinorr och dess medlemsföretag.

5.7.3 Apparatstandarder

Energiforsk¹¹³ följer utvecklingen och påverkar standarder och riktlinjer inom energibranschen. Man samordnar de företag och organisationer som har identifierat ett behov av överenskommelser för att utveckla sina varor och tjänster. Det kan vara privata och offentliga organisationer, globala företag, myndigheter, kommuner och landsting, branschföreningar och frivilligorganisationer. Målet är att

underlätta handel och innovation och att effektivisera verksamheter.

Via engagemanget i Svenska institutet för standarder representeras de svenska energiföretagen också i den europeiska standardiseringsorganisationen CEN och den globala organisationen ISO. Det betyder att svenska energiföretag också är med och driver utvecklingen internationellt inom energiområdet.

Energiforsk arrangerar ett seminarium vartannat år som speglar nyheter och resultat från de tekniska kommittéerna som är knutna till SIS. Seminariet fokuserar också på trender som påverkar eller drivs av standardiseringen och är en inspirationskälla för de personer som representerar energibranschen i arbetet med standardisering.

Elinorr bör engagera sig i Energiforsks standardiseringsarbete, för att bevaka nyheter och påverka inriktningen i linje med föreningens strategier.

5.7.4 EBR

EBR-verksamheten¹¹⁴ drivs av branschens samlade kompetens. Grunden är att hela elnätsbranschen bidrar i arbetet och till utvecklingen. Verksamheten ska även vara en grund för kompetensförsörjning inom elnätsbranschen, bland annat genom att tillhandahålla en utbildningsstruktur. Resultatet av EBR:s arbete är ett viktigt verktyg för effektivisering av elnätsverksamheten.

För att omsätta förväntningarna i handling är många personer engagerade i EBR-kommittén, dess olika utskott, arbetsgrupper och projektgrupper. EBR-kommittén och dess arbetsutskott består av ledamöter från arbetsgivarorganisationer, fackföreningar, Svenska kraftnät och elnätsföretag.

Kommitténs arbete är fördelat på tre utskott:

- EBR Ekonomiutskottet
- EBR Teknikutskottet
- EBR HMS-utskottet (Hälsa, Miljö och Säkerhet).

Under varje utskott finns ett antal arbets- och projektgrupper.

Elinorr bör koordinera medlemsorganisationernas deltagande i EBR-arbetet. På så sätt kan vi skapa förutsättningar för en likartad tekniknivå i alla elnätsbolag.

¹¹² www.eudsoentity.eu

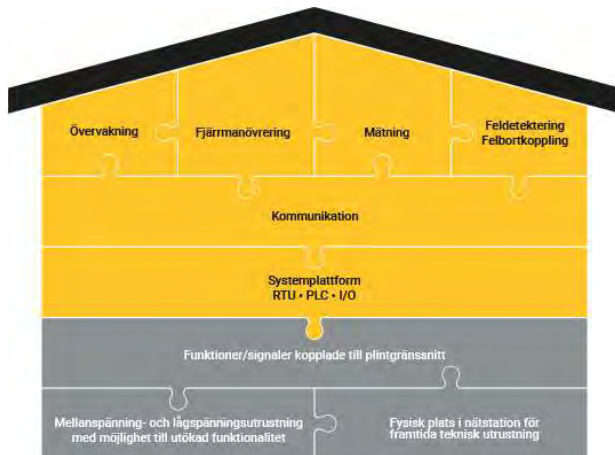
¹¹³ www.energiforsk.se/

¹¹⁴ www.ebre.se

5.8 Nät drift, övervakning och stabilitet

5.8.1 Nätstationsautomation

Grunden är att man bestycker nätstationen med en centralenhet (RTU/PLC) och erforderligt antal in- och utgångar som man har behov av samt strömförsörjning med UPS.



Detta gör det möjligt att implementera lösningar för nätstationsautomation till låg kostnad och med förberedd kommunikation mellan nätstationen och till exempel SCADA-system.

Med hjälp RTU:n övervakar, styr och kommunicerar nätstationen. Man kan på så sätt samla in och presentera lägesindikering för primärapparater samt ström-, spänning- och energimätning samt övertoner och leverans kvalitet på lågspänningssidan. Även övervakning och styrning av andra delar såsom exempelvis nätstationens skalskydd, larmer och ventilation är möjligt att övervaka.

Ett nätautomationsskåp måste förbli i drift tillräckligt länge för att utföra ett antal steg vid ett strömavbrott. Den extra kraften som krävs för omkoppling av lastfränkskiljare eller effektbrytare kräver ett särskilt högpresterande lokalt batteri med ett brett temperaturområde.

Batteri för avbrottsfri kraftförsörjning anpassas till krav på maximal ström, laddning- och standby tid. Typiska värden är 6–8 timmars laddningstid och 12–48 timmars standby-tid vid strömavbrott.

Man kan bestycka stationen med olika typer av jordfelsindikatorer och kortslutningsdetektorer, vilket ger möjligheter till att få fram mycket information.

För att få en selektiv bortkoppling av felet kan lösning med skyddsrelä tillsammans med brytare i nätstationen väljas. Även utrustning för automatisk

omsektionering och driftuppbyggnad kan installeras. På så sätt kan självläkande nät skapas, vilket förkortar avbrottstiderna.

Beroende på geografiska förutsättningar väljs olika kommunikationslösningar till exempel kommunikation över mobilnäten, optisk fiber eller olika radiolösningar.

Med tanke på att eldistributionsnäten utgör en samhällskritisk verksamhet måste säkerhetsskyddet alltid beaktas. Därför bör alltid kommunikationen mellan nätstation och överordnade system krypteras, för att tillmötesgå de höga säkerhetskrav som moderna tillämpningar ställer.

Nätstationsautomation och nya elmätare erbjuder stora möjligheter bortom ren mätdatainsamling. Förbättrad och mer granulär mätdata, mer frekvent och kvalitativ datainsamling och bättre förutsättningar att analysera och använda informationen skapar nya möjligheter inte bara för elbolagens mätansvariga utan även för andra nyckelfunktioner som nätplanering, kundtjänst och inte minst nätbolagets driftcentral. Här lägger de nya smartare mätarna och nätstationsautomation grunden för förbättrad avbrottsshantering och mer proaktiv driftstyrning, med ökad leverans kvalitet och en förbättrad kundupplevelse som resultat.

Lösningen till driftledningens utmaningar finns hos nya elmätare och nätstationsautomation som samlar avgörande driftinformation om onormala spänningsnivåer, fasfel, strömavbrott, misstänkta nolledarbrott från varje enskild mätare och nätstation. Information som löpande återförs till nätbolaget och gör det möjligt att övervaka elkvaliteten i realtid.

Genom automation kan problem i nätet åtgärdas i god tid innan slutkunden behöver slå larm eller ström- och spänningsvariationerna fått påverka på utrustning och individer.

Förbättrad information om vad som verkligen hänt i nätet ger dessutom en fingervisning om kommande underhållsbehov, laststyrning och behov av förstärkningar i nätet. Allt för att löpande minimera avbrott och förbättra leverans kvaliteten.

5.8.2 System för nät drift

Tio av bolagen i Elinorr har inlett ett samarbete för att starta Norra Nät drift AB, ett projekt som syftar till att förbättra och modernisera bolagens eldriftledningssystemen. Norra Nät drifts huvudmål är att upphandla en gemensam systemplattform för att

hantera operativa aspekter av eldriftledningen, vilket inkluderar avancerade funktioner för användarflexibilitet, realtidskapacitetsberäkningar och felfallsanalyser.

Huvudsyftet med denna sammanslutning är att ge stöd för nya avancerade funktioner som blir allt viktigare i takt med nya krav på operativ drift av elnät. En annan viktig aspekt är möjligheten för elnätsbolagen att dela kompetens och resurser, vilket är avgörande för att hantera framtida utmaningar i branschen.

Projektet som leds av en extern konsult, innefattar även flera arbetsgrupper bestående av specialister från de deltagande bolagen. Dessa grupper arbetar för närvarande på att definiera projektets omfattning och detaljer för upphandlingsprocessen. Det slutliga måldatumet för projektets avslutning är satt till den 1 november 2025.

Detta initiativ är ett viktigt steg mot en mer sammanlänkad och effektiv eldrift inom Elinorr, med potential att förändra hur elnätsföretag opererar och samarbetar i framtiden.

5.8.3 Indikatorer för smarta elnät

Energimarknadsinspektionen (Ei) har tagit ytterligare ett steg på vägen mot ett mer flexibelt och smart elsystem. Som ett led i arbetet med smarta elnät och flexibilitet har Ei färdigställt föreskrifter om vilka uppgifter som elnätsföretagen ska rapportera in för Ei:s uppföljning av utvecklingen av smarta elnät¹¹⁵. Föreskrifterna trädde i kraft den 1 oktober 2022.

Som en följd av EU:s reviderade elmarknadsdirektiv har Ei:s roll kopplat till smarta elnät stärkts. Ei ska enligt elmarknadsdirektivet övervaka och utvärdera utvecklingen av det smarta elnätet med utgångspunkt i en begränsad uppsättning indikatorer.

Ei har beslutat att nätbolagen med fler än 5 000 kunder årligen ska redovisa ett 40-tal indikatorer¹¹⁶. Bland dessa finns indikatorer för att följa upp:

- leveranssäkerhet
- dynamisk belastningsbarhet
- acceptansgräns för förnybara energikällor
- transformatorstationernas automationsgrad
- användningen av flexibilitetstjänster
- total kapacitet av anslutet energilagring

¹¹⁵ <https://ei.se/om-oss/nyheter/2022/2022-07-07-ytterligare-steg-mot-ett-smart-elsystem---nu-finns-nya-foreskrifter-om-foretagens-inrapportering-gallande-smarta-elnat>

Den fullständiga listan består både av nya indikatorer, som Ei inte har samlat in tidigare, och av indikatorer som Ei samlat in sedan tidigare.

5.9 Förbättra och anpassa elnätsbolagens kapacitet

5.9.1 Förståelse av elnäten

(se avsnitt 5.2)

5.9.2 Anläggningsförvaltning

Standardiseringsorganisationen ISO har utarbetat en standardserie som ska hjälpa företag och organisationer att skapa värde av sina tillgångar på ett effektivt sätt, ISO 55000. Standarden passar både små och stora organisationer och kan användas för att förvalta olika typer av resurser. I standarden definieras en resurs som allt från materiella och fysiska föremål som räls, tåg och bilar till mer immateriella resurser, som exempelvis ett företags rykte.

En viktig poäng med ISO 55000 är att organisationer får ett verktyg för att jobba långsiktigt med sina tillgångar. Förutom den uppenbara fördelen med att kunna konkretisera värdet av sina resurser så finns det även andra vinster, som exempelvis metoder för att stärka relationen med intressenter.

ISO 55000 anknyter till både ISO 9000 och till andra standarder för underhåll och förvaltning. Det är även möjligt att certifiera sig mot ISO 55000.

5.9.3 Simris-projektet

E.ON:s Simris-projekt var ett av sex spjutspetsprojekt som ingick i EU-projektet InterFlex.

Elproduktionen i projektets lokala energisystem var hundra procent förnybar och kom från tre olika typer av produktionskällor – vindkraft, solceller och en reservkraftgenerator driven på förnybart bränsle. Ett vindkraftverk stod som regel för den största delen av elproduktionen. Detta kompletterades med mikroproduktion i form av solceller på hustak.

Eftersom både sol och vind är intermittenta energikällor behövdes reglerbar elproduktion. En reservkraftgenerator skötte denna uppgift vid de tillfällen som energisystemet kördes i ö-drift. När det lokala energisystemet inte var i ö-drift stod i stället det centrala nätet för den elförsörjning som inte

¹¹⁶ <https://www.ei.se/om-oss/publikationer/publikationer/foreskrifter-el/2022/foreskrift-eifs-20225>

producerades lokalt. Reservkraftsgeneratoren drevs av ett förnybart bränsle, hydrerad vegetabilisk olja (HVO-diesel), som är ett förnybart dieselbränsle.

Energilagret i form av ett batteri var hjärtat i energisystemet. Tillsammans med ett avancerat styrsystem var batteriet det som såg till att rätt spänning och frekvens hölls i det lokala nätet. Det tog upp eller gav effekt för att hela tiden hålla systemet i balans.

Ett avancerat styr- och regleringsystem var hjärnan i det lokala energisystemet. Det såg till att alla produktionsenheter kunde kommunicera med varandra så att det hela tiden levererades el av god kvalitet. Styr- och reglerutrustningen styrde frekvensen i det lokala nätet så att det alltid höll de önskade 50 Hz. Det såg även till att rätt spänning upprätthålls. Allt skedde i nära samarbete med batterisystemet som var så kallad ”grid-forming unit”, vilket betyder att batteriet var källan för omedelbar reglering om förbrukningen ökade eller minskade.

Generellt är det en stor utmaning för mikronät att kunna leverera maxuttaget i det lokala nätet som endast uppstår vid särskilda tillfällen. Produktionsenheterna måste kunna möta detta för att kunderna ska få el i sina uttag, men det finns också en annan lösning och den är att försöka minska dessa toppar och skapa ett jämnare uttag. Detta gör man genom att styra ner laster när systemet signalerar att det sker mycket förbrukning och produktionen inte räcker till. Det är oftast ett mer ekonomiskt sätt att hantera kapacitetsbrist.

5.9.4 Arholma

Vattenfalls projekt på Arholma¹¹⁷ innebär installationen av ett mikronät, ett lokalt småskaligt energisystem, på ön i Stockholms norra skärgård. Detta mikronät inkluderar smart styrning av lokal elproduktion via solceller och energilagring med batterier för att kunna lagra energi. Mikronätet fungerar som ett eget lokalt energisystem och förbättrar elförsörjningen på ön. Detta projekt är en del av Vattenfalls arbete för att modernisera elnätet och bidra till en energiomställning mot ökad fossilfri elproduktion och elkonsumtion.

Mikronätet består av två energilagring med litiumjonbatterier, där det ena lagret även har solceller på taket. Ett kontrollsystem sköter styrningen och

balansen mellan lokal elproduktion, energilagring och elkonsumtion. Mikronätet kan kopplas till det centrala elnätet på fastlandet eller fungera fränkopplat som ett eget lokalt energisystem. Vid elavbrott på fastlandet kan mikronätet säkra elförsörjningen på ön genom att övergå till ”ö-drift”, där elförsörjningen hanteras självständigt på Arholma under ett antal timmar.

Projektet genomförs i samverkan med Vattenfall Forskning & Utveckling samt Vattenfall Elanläggningar och syftar till att långsiktigt förbättra eltillförseln och elkvaliteten på Arholma. Detta inkluderar ersättning av den gamla sjökabeln mellan fastlandet och Arholma samt förstärkning av det befintliga elnätet på ön med nedgrävda elledningar med högre kapacitet.

5.9.5 Laddning av elfordon

Sverige står inför stora förändringar i användningen av sitt elnät, drivna av en snabb övergång till elbilar. Prognoser pekar på att hälften av fordonen kommer vara laddbara redan 2030, vilket utgör en betydande utmaning för elnätsinfrastrukturen. För att hantera den förväntade ökningen av elbilsaddning, blir det avgörande att förstå och proaktivt hantera laddningsmönster för att undvika att hindra utvecklingen.

Enligt en rapport från Elinorr är bilarnas laddflexibilitet en nyckelfaktor för att hantera potentiella nätproblem. Detta innebär att fordonen kan laddas under perioder med låg last, vilket minskar effekttoppar i elnäten. Genomsnittsbilar i Sverige, som kör cirka 3,2 mil per dag, kräver endast 5,8 kWh, vilket kan laddas på 1,6 timmar med 3,6 kW. Detta visar att många bilar skulle kunna hantera sina dagliga energibehov med relativt låga laddeffekter.

Ett annat viktigt område är behovet av att förstå den faktiska belastningen på nätet. Elinorrs studie visade stora skillnader mellan uppskattade lastprofiler och faktiska mätvärden. 15-minutersmätning kan innebära ökad upplösning av mätdata för att bättre fånga upp och planera för toppar i energianvändningen.

För att hantera den ökade belastningen från elbilar överväger nätbolagen att reglera laddningen genom specifika tariffer och användarflexibilitet. Dessutom blir det viktigt att förstå kundens totala energibehov, inklusive eventuella anslutningar av solceller, vid planering av nätets kapacitet.

¹¹⁷ <https://www.vattenfalleldistribution.se/var-verksamhet/innovation/arholma/>

En kulturförändring kan vara nödvändig, där konsumenterna anpassar sina laddningsvanor för att minimera nätbelastningen och dra nytta av lägre elpriser. Studien visar att genom att flytta laddning till nattetid kan nätet hantera fler laddande fordon samtidigt. Slutligen, visar Elinorrs fallstudie att transformatorn ofta är den begränsande faktorn, men lösningar varierar beroende på nätets utformning.

5.9.6 Tillståndsprocesser

För att förbättra överföringsförmågan i elnäten krävs massiva investeringar i nya ledningar. Med nuvarande tillståndsprocesser och handläggningstider kan det ta fem till tio år att få tillstånd för en ny elledning som kräver linjekoncession. Om vi ska minska utsläppen av växthusgaser med 61 % till 2030 är detta alldeles för långa ledtider. I september 2021 fick Ei, Lantmäteriet och länsstyrelserna i uppdrag av regeringen att utveckla och testa nya arbetssätt för en koordinerad process för hantering av de tillstånd och rättigheter som krävs för att bygga ut eller förstärka elnätet. Ei ledde arbetet och lämnade i slutet av april 2023 slutrapporten till Klimat- och näringslivsdepartementet.

Ett centralt inslag i Ei:s förslag är att införa parallella processer för att korta ledtiderna. Genom att synkronisera olika steg i nätutvecklingen, som nätutredning, samråd, nätkoncession, projektering och byggnation, och genom att främja kontinuerlig dialog mellan nätägare och myndigheter, syftar dessa parallella processer till att effektivisera arbetsflödet och därigenom reducera den totala tiden för projekt. Denna förändring, tillsammans med andra åtgärder som tidig planering och en kommunikationsplattform för kunskapsutbyte, kan leda till en betydande förbättring i hanteringen av Sveriges elnätsutbyggnad.

I regleringsbrevet för 2024 gav Regeringen i uppdrag till Ei att ” fortsätta att utveckla och genomföra sådana metoder och arbetssätt för tillståndsprocesser i syfte att ytterligare korta ledtiderna som har identifierats bland annat i rapporten Kortare ledtider för elnätsutbyggnad¹¹⁸”.

5.9.7 Nätutvecklingsplaner

Ei har publicerat en vägledning för Sveriges nätföretag, inför den första inrapporteringen av nätutvecklingsplaner för perioden 2025–2034.

Kärnpunkter i Vägledningen:

- Nätföretagen ska framställa nätutvecklingsplaner, med syfte att öka transparensen kring flexibilitetstjänster och planerade investeringar. Dessa planer ska underlätta integrationen av förnybar energi, främja utveckling av energilagransanläggningar och elektrifiering av transportsektorn.
- Planen ska inkludera uppgifter om företaget och nätet, behovet av överföringseffekt, företagets kapacitet, planerade investeringar, och en redogörelse för företagets kapacitetssituation.
- Nätföretagen måste ge en detaljerad redogörelse av sitt prognosarbete, inklusive antagna drivkrafter som industrietableringar och behovet av laddinfrastruktur för transporter.
- Företagen är skyldiga att samråda med Svenska kraftnät och relevanta aktörer när de tar fram sina nätutvecklingsplaner. Dessa samråd ska bidra till insyn och delaktighet.
- Nätföretagen ska publicera sina nätutvecklingsplaner och resultat från offentligt samråd. Ei kommer att ha tillsynsansvar men behöver inte formellt godkänna planerna.

Genom att kräva omfattande planering och transparens, siktar Ei på att säkerställa att energisystemet utvecklas på ett sätt som stöder Sveriges långsiktiga energimål. Samtidigt utgör kravet på detaljerade prognoser och samrådsprocesser en utmaning för nätföretagen, som måste balansera dessa krav med operativa och ekonomiska överväganden.

5.9.8 Spänningsreglering

En spänningsregulator, som en Line Voltage Regulator (LVR), fungerar genom att automatiskt justera spänningen i elnätet för att hålla den inom ett önskat intervall, trots variationer i belastning eller produktion. Detta är särskilt viktigt i nät med stor andel förnybar energi, där produktionen kan variera kraftigt. Genom att stabilisera spänningen förhindrar regulatorn att spänningen blir för hög eller för låg, vilket skyddar anslutna apparater och minskar risken för störningar i elnätet. Spänningsregulatorer bidrar därmed till ett mer stabilt och tillförlitligt elnät och kan skjuta upp behovet av dyra nätförstärkningar.

¹¹⁸ <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/Index?rbId=24177>