

ENERGINET

REDEGØRELSE FOR ELFORSYNINGSSIKKERHED 2025

INDHOLDSFORTEGNELSE

Hvad er elforsyningssikkerhed?	3
Energinet anbefaler et ambitiøst planlægningsmål	4
Dansk elforsyningssikkerhed har gavn af europæisk integration	5
Behov for øget beredskab i energisektoren	6
Tiltag der understøtter planlægningsmålet	7
Status på elforsyningssikkerheden	8
Effekttilstrækkelighed	9
Elmarked & effekttilstrækkelighed	13
Nettilstrækkelighed	16
Robusthed	20
IT-sikkerhed	24
Ordliste	27
Reference- og bilagsliste	28

REDEGØRELSE FOR ELFORSYNINGSSIKKERHED 2025

Med baggrund i Elforsyningsloven og Systemansvarsbekendtgørelsen udarbejder Energinet hvert år en redegørelse for elforsyningssikkerheden, herunder en anbefaling for et niveau for fremtidens elforsyningssikkerhed. Redegørelsen vurderer elforsyningssikkerheden på lang sigt med en fremskrivningshorisont på 10 år. Nedslagsåret for denne redegørelse er dermed 2035.

Energinet har i lighed med de seneste år adspurgt netvirksomhederne om deres forventning til udviklingen i elforsyningssikkerheden i eldistributionsnettene. Deres forventning er indarbejdet i redegørelsen.

I sammenhæng med årets redegørelse er der udarbejdet tilhørende bilagsrapporter. Bilagsrapporterne indeholder blandt andet afbrudsstatistikken for 2024, en uddybning af metoder og resultater for effekttilstrækkelighed samt en nærmere beskrivelse af netvirksomhedernes forventning.

HVAD ER ELFORSYNINGSSIKKERHED?

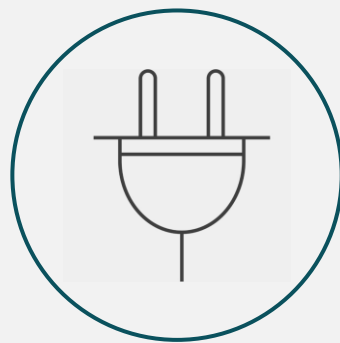
Sikring af en høj elforsyningssikkerhed er et komplekst samspil i hele værdikæden mellem elproducenterne, det fysiske elnet, elmarkedet og elforbrugerne. Elforsyningssikkerheden afhænger af, i hvor høj grad elforbrug og -produktion kan balanceres i både geografi og tid, og om elnettet kan overføre den elektriske energi og er robust over for fejl. Vurdering af den samlede elforsyningssikkerhed kan opdeles i fire kategorier (se herunder), og hver kategori uddybes i redegørelsen.

SYSTEMTILSTRÆKKELIGHED



EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

Effekttilstrækkelighed er elsystemets evne til at dække elforbrugernes samlede efterspørgsel på el.



NETTILSTRÆKKELIGHED

Nettilstrækkelighed er elnettets evne til at transportere el fra produktionsstederne til forbrugsstederne.



ROBUSTHED

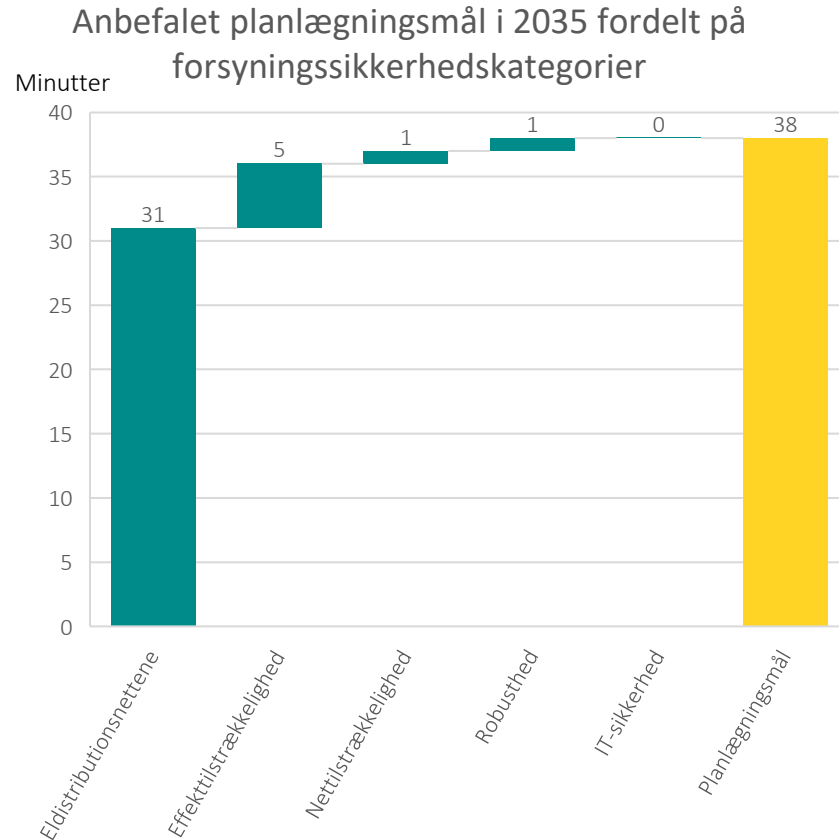
Robusthed er elsystemets evne til at håndtere driftsforstyrrelser og fejl, uden at det påvirker forsyningen af el til forbrugerne.



IT-SIKKERHED

IT-sikkerhed er evnen til at opretholde høj opetid på kritiske IT-systemer og modstå cyberangreb.

Elsystemerne i Danmark og vores nabolande er under forandring, og opretholdelsen af en høj elforsyningssikkerhed kræver aktuelt et fornyet fokus på nettilstrækkelighed og sikring af systemsikkerheden samt på længere sigt også nye tiltag i forhold til effekttilstrækkeligheden.



ENERGINET ANBEFALER ET AMBITIØST PLANLÆGNINGSMÅL

Energinet anbefaler for 2035 et planlægningsmål på 38 afbrudsminutter. Årets planlægningsmål er dermed 2 minutter højere end de seneste års ambitionsniveau for fremtidens elforsyningssikkerhed. Det er et resultat af en stigning på 2 minutter i planlægningsmålet fra distributionsselskaberne. På transmissionsniveau er niveauet uændret i forhold til de seneste år. Det betyder, at man som dansk elforbruger i 2035 i gennemsnit kan forvente 38 minutter uden el. Det svarer til, at de danske elforbrugere har strøm i stikkontakten 99,993 pct. af tiden.

Planlægningsmålet på transmissionsniveau fordeler sig på samme måde som sidste års anbefaling med 5 afbrudsminutter relateret til manglende effektilstrækkelighed, 1 afbrudsminut relateret til nettilstrækkelighed, 1 afbrudsminut relateret til robusthed og 0 minutter relateret til IT-sikkerhed.

Et ambitiøst planlægningsmål kræver en målrettet indsats og nye værktøjer

Danmark har i mange år haft en høj elforsyningssikkerhed, og det er stadig tilfældet i dag, dog med en tendens til svag stigning i samlet antal afbrudsminutter (se nøgletal på side 7). Nye teknologier, flere fluktuerende energikilder, et stigende elforbrug og et stort pres på netudbygningen udfordrer den måde elforsyningssikkerheden hidtil er blevet håndteret på. Derfor er der tale om et ambitiøst planlægningsmål. På kort sigt kræver opretholdelsen af nettilstrækkeligheden og systemsikkerheden store investeringer og en målrettet indsats. På længere sigt kan nye tiltag blive nødvendige for at understøtte effektilstrækkeligheden.

HVAD ER PLANLÆGNINGSMÅLET?

Klima-, energi- og forsyningsministeren fastsætter årligt det fremtidige planlægningsmål på baggrund af anbefaling fra Energinet. Planlægningsmålet sætter retning for tiltag og investeringer i den langsigtede elforsyningssikkerhed. Planlægningsmålet 2035 udtrykker et fremtidigt niveau for det årlige gennemsnitlige antal afbrudsminutter for den danske elforbruger i 2035.

RISIKO FOR SÆRLIGE HÆNDELSER

Energinet planlægger og driver nettet, så det kan håndtere største dimensionerende hændelse (N-1). Særlige hændelser er ekstraordinære hændelser eller kombinationer af hændelser med lav sandsynlighed men med høj konsekvens, der ligger ud over det, som elnettet er dimensioneret til. Risikoen for særlige hændelser er en faktor, som ligger ud over det anbefalede planlægningsmål. To eksempler på særlige hændelser med store afbrud til følge indtraf i 1999 og 2003 og skyldtes henholdsvis orkan og en særlig hændelse (fejlkombination) i det svenske elsystem.

DANSK ELFORSYNINGSSIKKERHED HAR GAVN AF EUROPÆISK INTEGRATION

Dansk integration med Europa har været en succes for elsystemet

Danmark har i mange år haft en af Europas mest stabile elforsyninger. Det er blandt andet et resultat af, at Danmark gennem mange år har investeret betydeligt i at koble det nordiske og kontinentale elsystem sammen. Det har resulteret i en succesfuld integration af det danske elsystem med sine nabolande og har dermed etableret et af de bedst forbundne lande i Europa, senest med forbindelsen til Storbritannien. Den integration bidrager med fleksibilitet, lavere omkostninger og stabilitet til den danske og europæiske elforsyningssikkerhed.

Danmark har desuden været en af de bærende kræfter i udarbejdelsen af fælles systemer og markeder, der forstærker muligheden for at drage fordel af de forskellige systemers indretning og kapaciteter. Når vinden blæser i Danmark, kan Tyskland, Sverige og Storbritannien importere den overskydende grønne strøm. Når det til gengæld er vindstille herhjemme, kan vi importere strøm fra vandkraft i Norge eller Sverige.

Danmarks integration i det europæiske system har gjort det muligt at forfølge de ambitiøse visioner for den grønne omstilling og medfølgende stigende elektrificering af samfundet og samtidig opretholde en høj elforsyningssikkerhed.

Fordele og forpligtelser i et internationalt samarbejde

Med en stærkere integration og fælles markedsmekanismer følger en gensidig afhængighed landene imellem. Men omvendt, så kan både Danmark og vores nabolande drive elsystemerne mere effektivt ved at dele ressourcer og kapaciteter på tværs af landegrænserne.

Som et relativt lille markedsområde med en forholdsvis lav selvforsyningsgrad, er udviklingen i den danske effekttilstrækkelighed afhængig af udviklingen i vores nabolande. Danmark leverer i løbet af året grøn strøm til vores nabolande, men vil samtidig i stigende grad blive afhængig af import i de mest belastede timer, hvor elforbruget er højt og produktionen fra sol og vind er lav.

Den fremtidige danske elforsyningssikkerhed er således afhængig af, at Danmark opretholder det gode samarbejde med vores nabolande, og fortsat bidrager til videreudvikling af de fælles europæiske markeder og systemer. Det gør sig særligt gældende i en tid, hvor de europæiske energisystemer skal tilpasses de grønne ambitioner og et nyt trusselbillede, og hvor det europæiske samarbejde og integration af energisystemer kan komme under pres.

Både nationale og internationale fremskrivninger viser, at uden nye tiltag og investeringer vil effekttilstrækkeligheden på tværs af Europa blive udfordret. Fremskrivningerne indikerer, at det er nødvendigt at investere i produktions- og reservekapacitet og øget fleksibilitet. Det gør sig også gældende i Danmark, hvor der er behov for investeringer som sikrer, at Danmark også fremover bærer sin del af ansvaret i et samlet europæisk energisystem.

Energinet følger udviklingen tæt og vurderer løbende en bred vifte af tiltag, der kan være nødvendige for at værne om den danske elforsyningssikkerhed. Som eksempel har Energinet i samarbejde med Energistyrelsen arbejdet med at undersøge barrierer og muligheder for eventuelt at indføre en kapacitetsmekanisme i Danmark til understøttelse af den nødvendige effekttilstrækkelighed.



BEHOV FOR ØGET BEREDSKAB I ENERGISEKTOREN

Truslen mod Europa – og Danmark – stiger

Det sikkerhedspolitiske landskab i Europa er under forandring, og trusselsbilledet er blevet mere komplekst. Der er en stigende risiko for både fysiske og digitale angreb, som i højere grad retter sig mod samfundets kritiske infrastruktur.

Myndighederne vurderer, at destruktive og hybride angreb – herunder cyberangreb, sabotage og forsøg på at destabilisere samfundet – bliver mere udbredte. Kritisk infrastruktur er oplagte mål, og energisektoren er særligt udsat, da den er fundamentet for, at samfundets øvrige sektorer kan fungere. Det har bevirket, at beredskabsniveauet for energisektoren er justeret af flere omgange siden august 2024.

Hybride angreb bliver hyppigere

Flere europæiske lande oplever allerede, at deres beredskab og modstandsdygtighed bliver afprøvet og vurderet af fjendtlige nationer. Det kan i sidste ende resultere i overrevne søkabler, mystiske brande og nedbrud på kritiske kommunikation- og handelsplatforme. I Danmark mærker energisektoren også konsekvenserne af det forhøjede trusselsbillede gennem en stigning i cyberangreb, droneaktivitet og andre mistænkelige hændelser ved anlæg.

Omfattende nye tiltag stiller høje krav

Den 7. marts i år trådte en ny lov om styrket beredskab i energisektoren i kraft som implementerede EU-direktiverne NIS2 og CER i dansk lovgivning. Loven stiller krav om blandt andet adgangskontrol, sikkerhedsgodkendelser, netværkssegmentering og øget fysisk sikring af el- og gasanlæg. Disse tiltag skal sikre, at energisektoren er bedre rustet til at modstå nutidige og fremtidige trusler. Der er et stort arbejde i gang i Energinet, distributionsselskaberne og den øvrige energisektor for at sikre, at Danmark er rustet til at kunne modstå de trusler, der kan komme udefra. Det er en omfangsrig opgave, som kræver meget, både af den TSO og de DSO'er, der har ansvaret for energisystemet til dagligt, men også af de mange øvrige aktører, som arbejder med energiforsyning.

Øget fokus på fysisk og virtuel sikkerhed

Energinet har intensiveret sit fokus på både fysisk og digital sikring og arbejder med en integreret tilgang, hvor de to områder tænkes sammen. Energinet har blandt andet styrket netværkssegmentering, adgangskontrol og overvågning af kritiske anlæg, og arbejder målrettet med at integrere fysisk og digital sikring. Samtidig er der igangsat modernisering af IT-arkitektur og etablering af en ny driftsplatform, der skal sikre fremtidens behov for databeskyttelse og systemrobusthed.

Hele energisektoren har også igangsat en systematisk indsats for at forbedre risiko- og sårbarhedsvurderinger, så trusler kan imødegås proaktivt og rettidigt.

En del af det arbejde er blandt andet at identificere og håndtere de risici, der kan opstå i samspillet mellem geopolitik og teknologi, når man er afhængig af udenlandske teknologileverandører – særligt amerikanske cloud- og softwareplatforme.

Beredskab er mere end hegn og firewalls

Det nye trusselsbillede skal indtænkes i alle dele af Energinets – og netselskabernes arbejde. Risikoen for- og sammenhængen mellem - særlige hændelser er anderledes end for de almindelige hændelser med hensyn til forsyningssikkerhed. Det kræver eksempelvis en udvidet måde at planlægge nettet på, så de nye risici indgår, når der skal besluttes optimale placeringer og størrelser på stationer og kabler eller når der, i samarbejde med netselskaberne, vælges løsninger for at sikre redundans i nettet.



TILTAG DER UNDERSTØTTER PLANLÆGNINGSMÅLET

ELTRANSMISSIONSNETTET

- ✓ Fortsat højt reinvesteringsniveau for at sikre forsyningssikkerhed (nettilstrækkelighed og robusthed)
- ✓ Nødvendig og accelereret udbygning af eltransmissionsnettet
- ✓ Risikovillighed, dvs. kalkulerede risici og afhjælpende tiltag ved renovering af kritiske komponenter
- ✓ Optimeret ressourceforbrug gennem digitalisering og asset management
- ✓ Skærpet fokus på fysisk sikring af anlæg

ROBUSTHED

- ✓ Investering i systembærende enheder
- ✓ Udvikling og anvendelse af nye kontrol- og beskyttelsesfunktioner på elsystemets produktions- og forbrugsanlæg
- ✓ Udvikling og anvendelse af ny funktionalitet i Energinets kontrolcenter. Automatisering som hjælper til identifikation af stabilitets risici samt kontinuerlig optimering af systemdriften
- ✓ Tæt samarbejde med systemoperatører, anlægsudviklere og forskningsmiljøet

IT-SIKKERHED

- ✓ Løbende udvikling af præventiv beskyttelse, overvågning, håndtering af afvigelser og styrkelse af beredskabet
- ✓ Energinet implementerer de forsyningskritiske systemer på nyt digitalt driftsfundament med høje sikkerhedsstandarder
- ✓ Fokus på medarbejdernes sikkerhedsbevidsthed, herunder awareness-kampagner
- ✓ Digital driftsplatform, der gør det nemmere at modtage digitale løsninger i kontrolrummet

ELDISTRIBUTIONSNETTENE

- ✓ Forstærkning og udbygning af nettet for at håndtere stigende elforbrug og VE-elproduktion
- ✓ Reinvesteringer for at vedligeholde aldrende net
- ✓ Fjernbetjente og overvågede netstationer for at sikre hurtig fejlretning
- ✓ Asset management og digitalisering med henblik på optimering af ressourceindsats
- ✓ Fleksibelt forbrug fx via tidsdifferentierede tariffer og frivillige afbrydelighedsaftaler

ELMARKED

- ✓ Forarbejdet forud for at kunne ansøge om statsstøttegodkendelse til en kapacitetsmekanisme, hvis politisk beslutning herom
- ✓ Information til elforbrugere og aktører med henblik på at aktivere fleksibelt forbrug og balanceringsressourcer
- ✓ Ny intelligent og dynamisk dimensioneringsmetode i Norden af FRR-reserver
- ✓ Understøtte batteriers og anden fleksibilitets deltagelse i systemydelsesmarkeder

Ovenfor fremhæves nogle af de væsentligste tiltag til at understøtte planlægningsmålet. Effekten af tiltagene viser sig typisk først over tid, og nye og yderligere tiltag kan blive nødvendige. Store investeringer og en målrettet udvikling af nye værktøjer vurderes som nødvendige for at sikre nettilstrækkelighed og systemstabilitet, herunder de aktuelle udfordringer i forhold til IT-sikkerhed. Energinet følger anbefalingen fra Energistyrelsen om en skærpet opmærksomhed på sikkerheden ved fysiske anlæg.

STATUS PÅ ELFORSYNINGSSIKKERHEDEN

I de seneste cirka 10 år har danske elforbrugere i gennemsnit oplevet omkring 23 afbrudsminutter årligt, svarende til en elforsyningssikkerhed på 99,996 pct. I 2024 var antallet af afbrudsminutter dog højere og landede på 27 minutter. Vind og sol udgjorde den største andel af det samlede danske elforbrug og dækkede i 2024 63 pct. – samme niveau som i 2023. Den forventede stigning i andelen af vedvarende energi medfører øgede omkostninger til systemydelse og øvrig balancering af elnettet. Spotpriserne var usædvanligt høje i 2022 og 2023 som følge af det russiske stop for gaseksport. En normalisering af gaspriserne har i 2024 reduceret omkostningerne til især aFRR-kapacitet. Sammen med øget konkurrence på FCR-markedet har dette medført, at Energinets samlede omkostninger til direkte systemydelse er faldet til cirka 1.700 mio. kr. i 2024 – et markant fald i forhold til de foregående to år, men ellers historisk højt. Omkostninger til balancering er ikke inkluderet i dette beløb og udgjorde cirka 450 mio. kr. i 2024. I 2024 har der været to beredskabshændelser, men ingen IT-hændelser, skærpet drift eller nøddrift, som har medført egentlige afbrud. Yderligere information om beredskabshændelser, skærpet drift og nøddrift findes i bilag 1, afsnit 1.3.

AFBRUDSMINUTTER I HELE ELSYSTEMET Gns. antal afbrudsminutter pr. elforbruger [Minutter]  2024 : 27 2023: 30 2022: 25	AFBRUD RELATERET TIL ELTRANSMISSIONSNETTET Forbrugsvægtede afbrudsminutter [Minutter]  2024: 1 2023: 1 2022: 2	VIND OG SOLS ANDEL AF ÅRETS ELFORBRUG [%]  2024: 63 2023: 63 2022: 60	OMKOSTNINGER TIL SYSTEMYDELSER [Mio. kr.]  2024 : 1.706 2023: 2.341 2022: 2.741
BEREDSKABSHÆNDELSER [Antal hændelser]  2024 : 2 2023: 2 2022: 4	IT-HÆNDELSER Der har forårsaget afbrud [Antal hændelser]  2024: 0 2023: 0 2022: 0	SKÆRPET DRIFT [Antal hændelser]  2024: 0 2023: 0 2022: 0	NØDDRIFT [Antal hændelser]  2024: 0 2023: 0 2022: 0

A young boy in a blue shirt and dark pants is running across a grassy field, reaching out towards a black ball floating in the air. In the background, several high-voltage power lines and their pylons stretch across the landscape under a blue sky with scattered white clouds. On the right side of the image, there is a white, wireframe geometric structure resembling a crystal or a complex network of triangles. The overall scene suggests a juxtaposition of nature, technology, and human activity.

EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

EFFEKTILSTRÆKKELIGHED: STIGENDE RISIKO FOR EFFEKT MANGEL

Risikoen for at opleve afbrud i det danske elsystem som følge af effekt mangel forventes at stige de kommende år. Årsagen hertil er særligt en stigning i det samlede elforbrug og et fald i den regulerbare produktionskapacitet. Tendenser, som er særligt udprægede i det danske elsystem, men som også gør sig gældende i flere andre europæiske lande.

Prognosen for fremtidig effekttilstrækkelighed i Danmark viser en risiko for op mod 4 afbrudsminutter frem mod 2035. Sidste års redegørelse viste et tilsvarende risikobillede med mellem 0 og 3 afbrudsminutter i 2034. Prognosen viser også at antallet af timer med manglende priskryds, og dermed makspriser i spotmarkedet (LOLE) vil stige til over 10 timer. Resultatet har en stor variation over vejrår (se mere i bilag 2.2). Selvom LOLE generelt stiger frem mod 2035, ses et midlertidigt fald i 2030. Det skyldes især lav forbrugsvækst i Tyskland frem til 2030, mens en større stigning først kommer derefter. Samtidig antages det, at der opstilles store mængder vedvarende energi i Europa frem mod 2030, hvilket midlertidigt forbedrer effekttilstrækkeligheden, inden presset igen vokser. Med udgangspunkt i udviklingen af begge indikatorer i fremskrivningsperioden forventes der behov for iværksættelse af tiltag for at imødegå den stigende risiko.

Behovet for sådanne tiltag understreges af, at Forsyningstilsynet i 2025 har udarbejdet et forslag til en dansk pålidelighedsstandard, som er et ikke-bindende samfundsøkonomisk optimalt niveau, der fastsættes med udgangspunkt i LOLE-indikatoren på 1,49 timer pr. år. Energinets prognose viser, at LOLE for Danmark forventes at ligge over den foreslåede pålideligheds-standard i alle de fire beregnede år, hvis ikke der sker en styrkelse af effektsituationen i Danmark eller i de omkringliggende lande. Dette er en af årsagerne til, at man i Danmark har igangsat arbejdet med kapacitetsmekanisme.

Behovet for tiltag er usikkert og afhænger i høj grad af udviklingen i det samlede europæiske elsystem, da Danmarks elsystem i visse perioder er afhængig af import for at sikre strøm i stikkontakterne.

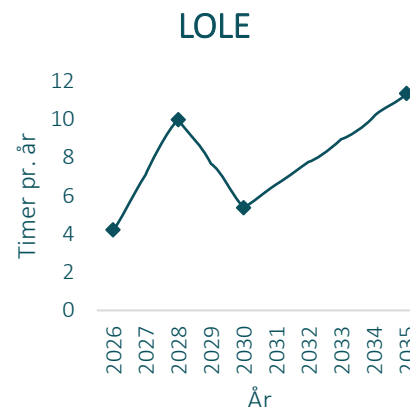
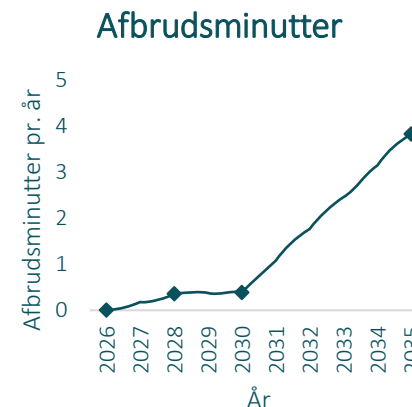
Risikofaktorer for dansk effekttilstrækkelighed

Udfordringer med effekttilstrækkeligheden i Danmark forventes typisk at opstå i vinterhalvåret, hvor produktionen fra vedvarende energi i de nordeuropæiske lande er lav – en situation, der også betegnes som *dunkelflaute*. Udfordringerne er derfor typisk grænseoverskridende. Da disse situationer ofte varer flere sammenhængende timer, stiller det særlige krav til de teknologier, der skal løse dem – eksempelvis har korttidslagere som batterier væsentligt mindre effekt end teknologier med regulerbar kapacitet.

I Østdanmark er risikoen for manglende priskryds særligt kritisk. Fremskrivningerne peger desuden på en stigende risiko for effekt mangel, som skyldes utilgængelig kapacitet på udlandsforbindelser kombineret med lav produktion fra vindmøller og solceller. Det forværrer effekt manglen i Østdanmark sammenlignet med naboområderne.

AFBRUDSMINUTTER STIGER OVER TID

Figuren til højre viser antal afbrudsminutter relateret til effekttilstrækkelighed efter anvendelse af balanceringsreserver. Beregninger og resultater er nærmere beskrevet i bilag 2.1 og 2.2.



TIMER BERØRT AF EFFEKT MANGEL

Figuren til venstre viser antal timer berørt af effekt mangel (LOLE – Loss of Load Expectation) i spotmarkedet, dvs. før anvendelse af balanceringsreserver. Tallet angiver antallet af timer, hvor markedet ikke har opnået priskryds, og prisen på el dermed vil stige til det fastsatte prisloft, som i dag er ca. 30 kr./kWh.

DANSK EFFEKTTILSTRÆKKELIGHED I ET INTERNATIONALT PERSPEKTIV

Et stærkt forbundet Europa understøtter effektiv udnyttelse af ressourcer

Et stærkt forbundet europæisk elsystem er en forudsætning for, at vedvarende energiressourcer kan udnyttes bedst muligt på tværs af lande, når de er tilgængelige i både tid og geografi. Tilsvarende muliggør udlandsforbindelser, at elproduktionen kan flyde på tværs af lande - både i situationer med mange vedvarende energiressourcer, men særligt i situationer hvor regulerbar elproduktion skal sikre forsynings sikkerheden. Energinets analyser viser, at udlandsforbindelser generelt er et bærende element for den danske effekttilstrækkelighed via import af strøm, når den danske elproduktion fra sol og vind er lille. I hvor høj grad de danske udlandsforbindelser understøtter effekttilstrækkeligheden i den enkelte time afhænger af situationen i Europa. Er der overskydende effekt i vores nabolande og i Europa generelt, bidrager forbindelserne i høj grad til den danske effekttilstrækkelighed, men er effekten knap i det europæiske system, er billedet et andet.

Danmark er generelt godt forbundet til de omkringliggende lande. Alligevel er det vstdanske system væsentligt bedre forbundet med både flere og større forbindelser til udlandet end det østdanske. Det østdanske system er derfor mere sårbart, når en eller flere af forbindelserne er utilgængelige, hvilket medfører, at Østdanmark også vurderes som det mest udsatte af de to danske områder.

Deling af effektudfordringer på tværs af landegrænser

Ved samtidig af effektudfordringer i flere lande i spotmarkedet for el vil den tilgængelig elproduktion blive fordelt mellem de lande, som i fællesskab ikke kan dække elforbruget i den enkelte time under hensyntagen til flaskehalse. Markedsmekanismen betegnes "curtailment sharing". Mekanismen betyder blandt andet, at ekstra fleksibilitet fra produktion og forbrug i Danmark i spotmarkedet vil understøtte den fælles

europæiske effekttilstrækkelighed og ikke kun den danske. Tilsvarende vil ekstra ressourcer i Danmarks omkringliggende lande også understøtte den danske effekttilstrækkelighed.

Behov for dansk kapacitet er tæt koblet til europæiske løsninger

Som et relativt lille land i det europæiske elsystem påvirkes dansk effekttilstrækkelighed betydeligt af den forventede udvikling i nabolandene. Energinets analyser viser, at hvis omkringliggende lande sikrer egen effekttilstrækkelighed, reduceres udfordringerne i Danmark mærkbart, mens hvis det modsatte er tilfældet, er der behov for betydelige nationale danske tiltag. Uafhængigt af udlandet falder den danske selvforsyningsgrad, og det danske behov for import forventes at stige i de mest ekstreme timer frem mod 2035.

Det er således nødvendigt at betragte behovet for dansk kapacitet såvel i et dansk og i et internationalt perspektiv og i tæt samarbejde med de omkringliggende lande understøtte en fælles omkostningseffektiv sikring af effekttilstrækkeligheden på tværs af landegrænser.

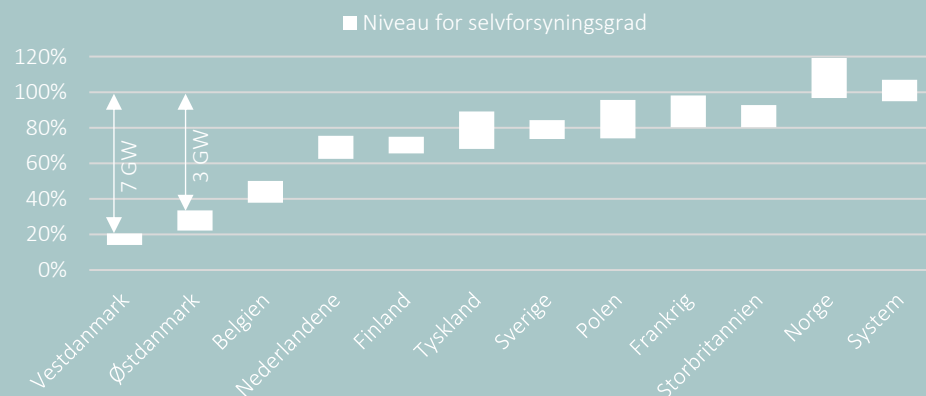
I Danmarks nabolande er der også opmærksomhed på de fremtidige effekttilstrækkelighedsudfordringer. Fx planlægger den tyske regering at understøtte investeringer i op til 20GW gaskraftværker frem mod 2030 som led i deres Power Station Strategy samt etablere et kapacitetsmarked for at sikre effekttilstrækkeligheden. Særligt udviklingen i den tyske effekttilstrækkelighed er væsentlig for den danske effekttilstrækkelighed.

DEEP-DIVE: Dansk selvforsyningsgrad sammenlignet med omkringliggende lande

Selvforsyningsgraden angiver, hvor stor en andel af forbruget der kan dækkes af lokal produktion i de mest ressourceknappe timer. Sammenlignet med nabolande vil Danmark i 2035 forventeligt have den laveste selvforsyningsgrad i de mest ekstreme timer. I de værste timer er importbehovet ca. 7 GW i Vestdanmark, mens det er ca. 3 GW i Østdanmark, ikke nødvendigvis samtidigt. Uafhængighed af nabolandene via etablering af biodieselmotorer på 10 GW elkapacitet vil koste ca. 2,6 mia. DKK om året ifølge Energistyrelsens CONE-studie – Svarende til knap 50 pct. af Energinets tarifopkrævning i 2024.

I de mest belastede timer i 2035 forventes størstedelen af det danske elforbrug at bestå af tre hovedkategorier: Husholdninger og serviceerhverv, datacentre og produktionserhverv. De førstnævnte kategorier udgør cirka en tredjedel af det samlede forbrug hver, mens produktionserhverv tegner sig for omtrent en femtedel. Det er usikkert hvor stor en del af ovenstående som vil koble fra med en pris på 30 DKK/kWh. De resterende forbrugskategorier – herunder elforbrug i transportsektoren, el til fjernvarmesektoren samt elforbrug til Power-to-X-anlæg – forventes at koble størstedelen af deres forbrug fra i disse timer.

Selvforsyningsgrad i mest knappe timer i 2035



Selvforsyningsgrad inkl. nationale reserver i 2035. System dækker alle ti områder set samlet uden hensyntagen til flaskehalse i systemet.

NÅR ELSYSTEMET IKKE KAN LEVERE – VEJEN TIL KONTROLLERET FORBRUGSAFKOBLING

Danmark har til dato ikke oplevet afbrud relateret til manglende effekt. Skulle en sådan situation opstå, er der dog etablerede værktøjer og procedurer, der har til formål at beskytte elforsyningsens stabilitet og minimere konsekvenserne for forbrugerne.

Manglende effekttilstrækkelighed kan typisk forudses

Afbrud kan opstå af flere årsager, såsom nettilstrækkelighedsudfordringer, IT-sikkerhedshændelser eller manglende robusthed. I disse situationer kan det i yderste konsekvens være nødvendigt med en kontrolleret forbrugsafkobling. Situationer med manglende effekttilstrækkelighed adskiller sig herfra ved typisk at kunne forudses op til flere døgn i forvejen. Det giver mulighed for at iværksætte en række tiltag, der gradvist kan afbøde situationen og i sidste ende sikre en kontrolleret håndtering.

Fra ubalance til kontrolleret forbrugsafkobling

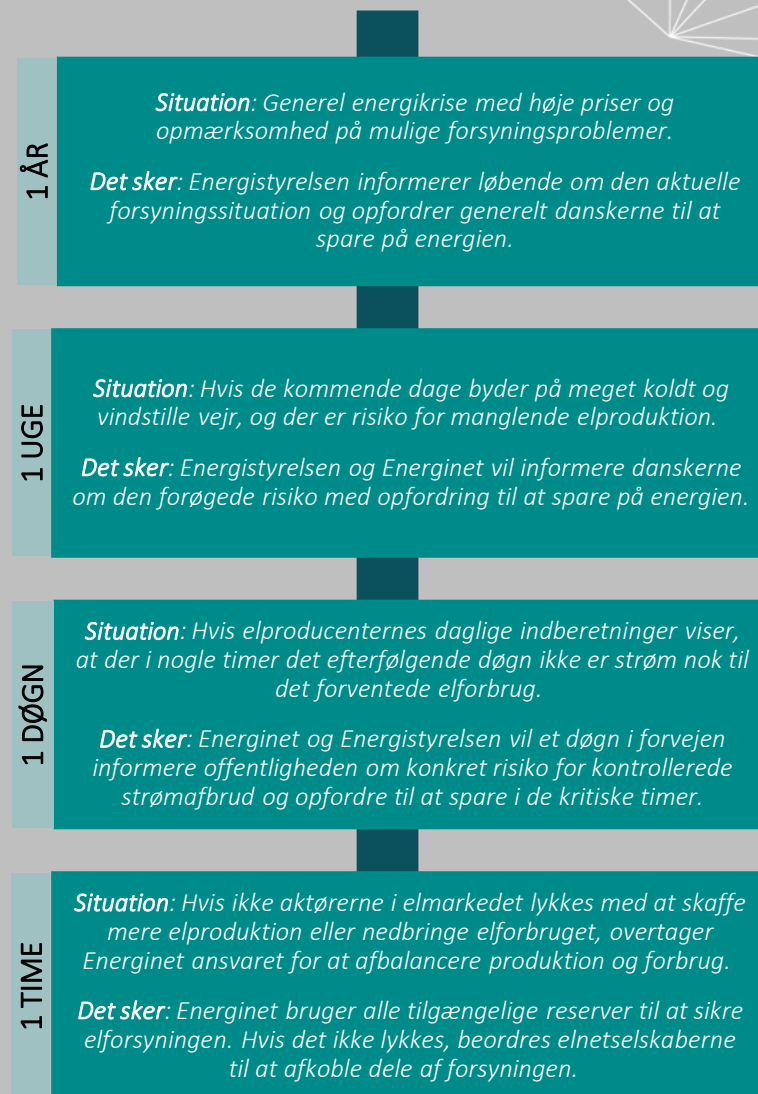
Når der ikke kan sikres balance mellem forbrug og produktion, overtager Energinet balanceringsansvaret og aktiverer alle reserver samt eventuelle beredskabsaftaler med nabolande. Hvis ubalancen ikke kan løses på trods af disse tiltag, igangsættes en procedure for kontrolleret forbrugsafkobling. Dette sker for at beskytte systemets samlede sikkerhed og sikre, at afkoblingen sker planlagt, kontrolleret og uden risiko for blackout. Samtidig går man i situationen på kompromis med N-1-sikkerheden for at forsyne så meget forbrug som muligt. Efterfølgende hændelser med udfald, fejl eller kortslutninger kan risikere at skulle håndteres ved hjælp af yderligere kontrollerede forbrugsafkoblinger.

SÅDAN FOREGÅR EN KONTROLLERET FORBRUGSAFKOBLING (BROWNOUT)

1. Energinet kontakter de lokale elnetselskaber med besked om, hvor mange procent elforbruget skal begrænses for at undgå ubalance mellem produktion og forbrug.
2. Netselskaberne beslutter, hvilke elforbrugere der skal afkobles i deres område. Alle netselskaber har planer liggende klar til at håndtere disse situationer.
3. Forbrugerne vil maksimalt stå uden strøm i to timer. Varer strømafbrydelsen længere bliver forbrugerne koblet på nettet igen, mens netselskabet afbryder andre forbrugere.
4. Ingen mister således strømmen mere end to timer ad gangen. Dette princip kaldes rullende brownout og vil køre, indtil elproduktionen igen kan dække hele elforbruget.



FASERNE FREM MOD EN KONTROLLERET FORBRUGSAFKOBLING



A photograph of two women walking through a large solar field. The solar panels are in the foreground, and the women are in the middle ground. The sky is cloudy. A white geometric line pattern is overlaid on the right side of the image.

ELMARKED & EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

INTERNATIONALE MARKEDER GIVER OMKOSTNINGSEFFEKTIV FORSYNINGSSIKKERHED

Elmarkedet er internationalt og ændrer sig

Det fælleseuropæiske elmarked har tjent Danmark godt gennem mange år. Gennem udlandsforbindelser og handel har danske elforbrugere fået adgang til høj forsyningssikkerhed og lave priser. Det internationale elmarked kommer ikke af sig selv og skal løbende tilpasses. Særligt den grønne omstilling stiller store krav. Indenfor de seneste år har udviklingen kulmineret i store ændringer i markedet, som udgør den nye grundbase for et velfungerende marked der kan understøtte den grønne omstilling.

Med *Flowbased kapacitetsberegning* anvendes der nu en ny og dynamisk metode til at udregne, hvor meget strøm det samlede nordiske elnet kan flytte, hvilket muliggør at billig VE fra vind, sol og vandkraft kan udnyttes endnu bedre. Det har betydet, at det har været muligt at flytte mere strøm, ligesom den dynamiske beregningstilgang bedre harmonerer med de daglige udsving, der ses i et VE-domineret elsystem.

På balancemarkederne er Danmark tiltrådt den fælleseuropæiske platform PICASSO, hvor der kan udveksles balanceringsydelser over grænserne. Dette giver adgang til billigere reserver, hvilket isoleret set reducerer Energinets – og i sidste ende elforbrugernes – omkostninger til at holde nettet i balance.

Energinet har desuden igangsat en række nye tiltag på hjemmemarkedet de senere år, som frisætter fleksibiliteten i elmarkedet. Ikke alle er færdiggjort, og arbejdet vil fortsætte over de kommende år.

Vi skal ikke hjem – vi skal videre

Ændringerne af elmarkedet stopper dog ikke her. I sommeren 2024 blev der vedtaget en fælleseuropæisk elmarkedsreform, der blandt andet har til hensigt at fremme investeringssikkerheden i et VE-baseret elsystem samt at sikre betalbarheden for elforbrugere. Reformen betyder blandt andet, at kapacitetsmekanismer kan være en mere strukturel og integreret del af elmarkedet, som en vej til at fremme investeringer i regulerbar kapacitet og lager, og dermed bidrage til at sikre effekttilstrækkeligheden.

Det samme gælder den nye *National Flexibility Needs Assessment*, hvor det kort- og langsigtede fleksibilitetsbehov skal belyses bedre, og *Non-Fossil Flexibility Support Scheme (NFFSS)*, hvor der undersøges hvordan man kan fremme investeringer i fleksibilitet. Energinet arbejder allerede på at forberede en mulig kapacitetsmekanisme, mens grundlaget for NFFSS skal udarbejdes over det kommende halvandet års tid, inden der kan tages stilling til mulig implementering i Danmark. NFFSS kan potentielt både bidrage til at sikre tilstrækkelige balanceringsressourcer og effekttilstrækkelighed, og kan derfor være et redskab til at understøtte balance og stabilitet i et fluktuerende VE-baseret elsystem.

Den anden del af elmarkedsreformen har fokus på at fremme investeringssikkerheden for VE. Til sammen skal elmarkedsreformen bidrage til at fremme både elektrificering og forsyningssikkerhed fremadrettet. Samlet sætter det retningen for den fremadrettede markedsudvikling til understøttelse af grøn omstilling og forsyningssikkerhed.



FORARBEJDET FOR EN DANSK KAPACITETSMEKANISME ER I GANG

Behovet for en kapacitetsmekanisme skal kunne dokumenteres

I lighed med tidligere udgaver af Redegørelse for elforsynings sikkerhed vurderes det stadig, at en dansk kapacitetsmekanisme kan blive relevant. En godkendelse og implementering af en kapacitetsmekanisme tager tid, blandt andet fordi der skal opnås statsstøttegodkendelse hos EU-Kommissionen. En af forudsætninger for statsstøttegodkendelse er, at behovet for en kapacitetsmekanisme kan dokumenteres, og at relevante markedstiltag er indført eller afdækkes nærmere. Dokumentation for behovet opnås gennem den fælles europæiske effekttilstrækkelighedsvurdering (ERAA24), som viser, at der kan forventes en udfordret effektsituation fremadrettet. Samtidig vurderes effektudfordringerne at overstige det niveau, der vil være acceptabelt, hvis den foreløbige danske pålidelighedsstandard tages som udgangspunkt. Foreløbigt har Energistyrelsen offentliggjort det EU-krævede CONE-studie, og det ligeledes EU-krævede VOLL-studie.

Elmarkederne skal være effektive

En anden forudsætning for at kunne søge om statsstøttegodkendelse er, at elmarkederne er velfungerende og effektive. Der skal således udarbejdes en såkaldt *Gennemførselsplan*, der redegør for udviklingen af det danske elmarked og hvilke yderligere tiltag, der kan gøres for at forbedre investeringssignalet og dermed effekttilstrækkeligheden. En dansk gennemførselsplan er udarbejdet i samarbejde mellem Energistyrelsen og Energinet og vil efter planen blive sendt til EU-Kommissionens direktorat for energi (DG ENER) til vurdering og godkendelse i efteråret 2025. Samlet vurderer Energistyrelsen og Energinet, at det danske elmarked er veludviklet, og at yderligere forbedringer af det danske elmarked ikke i sig selv vil kunne løse udfordringerne med aftagende effekttilstrækkelighed.

Videre godkendelse

Efter udarbejdelse af CONE- og VOLL -studierne og en godkendelse af gennemførselsplan hos DG ENER, vil Danmark efter planen ansøge om statsstøttegodkendelse hos EU-Kommissionens direktorat for konkurrence (DG COMP), såfremt dette vedtages politisk. En ansøgning om statsstøttegodkendelse hjælpes typisk af, at lovgivningen er på plads, at der er udviklet et design for den valgte kapacitetsmekanisme, og at finansieringsmekanismen er udviklet, såvel som det dokumenteres, at der ikke vil blive udbetalt statsstøtte, der overstiger det niveau, der er nødvendigt for at kunne opnå den fastsatte pålidelighedsstandard. Det er derudover en forudsætning for implementeringen af kapacitetsmekanisme, at der foretages en nabohøring.

Elementer relateret til godkendelse af en kapacitetsmekanisme

CONE-studie opgør investeringsomkostningerne for forskellige produktions-, lager- og forbrugsfleksibilitetsteknologier i Danmark. Med udgangspunkt i CONE-studiet kan det estimeres, hvilken kombination af teknologier, der vil kunne opfylde et nødvendigt investeringsbehov i Danmark. Der ses både på omkostninger og potentiale, hvor sidstnævnte særligt er relevant ift. reinvesterings. I CONE-studiet fastsættes den marginale teknologi som referenceteknologi, og dermed omkostningen forbundet med at frembringe ny produktion. Studiet kan findes her:

<https://ens.dk/media/6678/download>

VOLL-studie (Value Of Lost Load) opgør et estimat for omkostningerne for forskellige grupper af elforbruger ved at mangle strøm i en given periode. Det vil sige betalingsvilligheden for at slippe for forbrugsafkobling. I det første studie blev betalingsviljen opgjort til 176 kr./kWh. Studiet kan findes her: <https://ens.dk/media/6678/download>

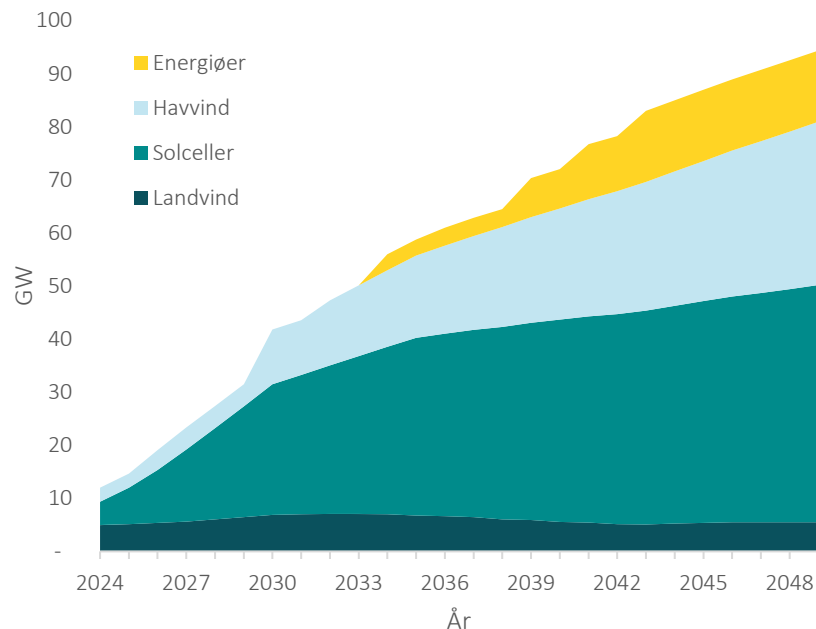
Pålidelighedsstandard udtrykker det i princippet optimale niveau af effekttilstrækkelighed ved at se på, hvornår omkostningerne ved at investere i ny produktionskapacitet overstiger elforbrugernes betalingsvillighed. Pålidelighedsstandarden opgøres som det antal timer per år, hvor ikke alt elforbrug kan dækkes - også kaldet Loss Of Load Expectation (LOLE). Den udregnes som CONE divideret med VOLL. I Danmark svarer de foreløbige beregninger til, at det optimale niveau er 1-2 timer om året, hvor ikke alt elforbrug kan dækkes.

Gennemførselsplanen skal redegøre for funktionaliteten af det danske elmarked, herunder om der er identificeret såkaldte *markedsfejl*, som bør udbedres. Markedsfejl kan blandt andet være regulerede priser, som modvirker en fri prisdannelse i elmarkedet. Generelt betragtes det danske elmarked som velfungerende, og traditionelt har Danmark og de øvrige nordiske lande været foregangslande for markedsudviklingen i Europa og den følgende EU-regulering.



NETTILSTRÆKKELIGHED

Forventet fremtidig udvikling i vind- og solproduktionskapaciteter i Danmark frem mod 2050



Den forventede udvikling er baseret på Energistyrelsens analyseforudsætninger til Energinet 2024*

BETYDELIGT MERE ENERGI SKAL TRANSPORTERES I ELNETTET INDEN FOR FÅ ÅR

Den kraftige VE-udbygning og elektrificeringen af samfundet har de seneste år accelereret den hastighed, hvormed omstillingen af energisystemerne i Danmark skal gennemføres. Det afspejles fx af den forventede udvikling i elproduktionskapacitet fra vind og sol i Energistyrelsens analyseforudsætninger til Energinet i 2024*. Se figuren ovenfor.

Der kan læses mere om udbygningen af elnettet i Energinets langsigtede udviklingsplan 2024 på Energinets hjemmeside.

*Energinet har pba. de politiske aftaler justeret AF24 med en central følsomhed

REINVESTERING OG UDBYGNING I ELNETTET ER EN NØDVENDIGHED

Infrastruktur i et højt tempo og et forøget pres på leveringstider

Der tilsluttes fortsat en væsentligt større mængde grøn energi til det danske elsystem. Energikrisen og de politiske aftaler de seneste år har fremrykket den forventede udbygning med vind- og solproduktion. For at kunne aftage denne produktion, og for at sikre forsyningen af elforbrugerne, er det nødvendigt at opretholde nettilstrækkeligheden. Der er behov for at udbygge og reinvestere eltransmissionsnettet samt sikre tilslutninger af ny produktion og forbrug - og dette skal ske i et højt tempo.

Det er nødvendigt at udbygge eltransmissionsnettet for at have kapacitet nok til at kunne aftage den forventede produktion fra sol og vind. Kapaciteten i nettet er allerede fuldt udnyttet flere steder i dag, og der kan fx være behov for midlertidige elproduktionsbegrænsninger. Det store investeringsbehov i netudbygningen er tillige udfordret af mangel på ressourcer og lange leveringstider. Dertil kommer forlængede ventetider på miljøgodkendelser og byggetilladelser. Samlet set kan det føre til forsinkelser i udbygningen og udfordre elforsynings sikkerheden.

Energinet oplever, at de nuværende forsinkelser i elnetprojekter udfordrer planlægningen og øger presset på systemdriften – dog uden at det har medført øget risiko for forsyningssikkerheden. Energinet arbejder løbende på mitigerende handlinger for at sikre, at denne risiko forbliver lav – eksempelvis levetidsforlængelse af enkelte komponenter og øget monitorering.

Herudover har en stor del af eltransmissionsnettet nået en alder, hvor det skal reinvesteres. Det eksisterende net er et grundlag og en forudsætning for de planlagte udbygninger. Det er derfor nødvendigt, at dette reinvesteres rettidigt. Sker dette ikke, ændres forudsætningerne for de planlagte udbygninger. Etablering af nye strækninger og stationer i eltransmissionsnettet skal afstemmes med behovet for at reinvestere i eksisterende infrastruktur, i takt med at dets levetid udløber. Det er kompliceret at reinvestere og udbygge et system, som er i drift, samtidig med at elforsynings sikkerheden opretholdes. Energinet prioriterer forsyningskritiske dele af elinfrastrukturen først, når der skal træffes investeringsbeslutninger.

Milliardbeløb skal investeres i elnettet de kommende år

Udfordringerne er ikke unikke for Energinet. Udbygningen af elinfrastrukturen er sket mere eller mindre samtidig i hele Europa, hvorfor mange lande står med samme udfordring.

Både på transmissions- og distributionsniveau er der de kommende år behov for at investere store milliardbeløb hvert år i at vedligeholde, reinvestere og udbygge det eksisterende elnet til at kunne håndtere fremtidens behov for transport af strøm gennem elsystemet. Det skyldes både den større mængde grøn strøm, men også at der skal reinvesteres i elnettet i takt med, at det ældes. Energinet forventer at investere 41 mia. kr. i eltransmissionsnettet fra 2025 til 2028.

SÅDAN SKABES INFRASTRUKTUR I HØJT TEMPO

Fremskyndelsesområder sikrer hurtig myndighedsbehandling

Et politisk flertal har gjort det muligt at gennemføre en række myndighedsbehandlinger hurtigere. Dette sker i tre udpegede fremskyndelsesområder for elinfrastruktur. De tre udpegede områder omfatter projekterne *Nyt elnet Aabenraa-Aarhus*, *Ny netstruktur Nordjylland* og *Nyt elnet Sydsjælland og Lolland-Falster*.

Fremskyndelsesområderne anvender reglerne om "fremskyndelse" fra EU's VEIII-direktiv, som give mulighed for at udpege fremskyndelsesområder til netinfrastruktur. De tre politiske udpegede fremskyndelsesområder var en del af den politiske aftale om "hurtigere og mere effektiv udbygning af elnettet" i december 2024.

Fremskyndelsesområderne vil forventeligt skære flere år af miljøbehandlingsprocesserne. Potentialet ligger i, at Energistyrelsen udarbejder en miljøvurdering af planen ("strategisk miljøvurdering") – her fremskyndelsesområdet - på et overordnet niveau og på eksisterende data. Projekterne undtages fra fuld miljøkonsekvensvurdering (VVM) og dermed også fra feltundersøgelser - det er her den store tidsbesparelse ligger. SGAV skal herefter foretage en screening af projektet baseret på eksisterende data. Dette har de 30 dage til.

Der arbejdes nu på udpegning af flere fremskyndelsesområder.

Mindre tilslutninger kan opnås hurtigere

Elproducenter har nu også muligheden for at blive tilsluttet eltransmissionsnettet med midlertidig begrænset netadgang. Hvis eltransmissionsnettet skal udbygges og forstærkes for at kunne aftage anlæggets fulde effekt, vil det tage tid før elproducenten kan tilsluttes. Det kan derfor være bedre for fx en solcellepark at blive tilsluttet med fx 75 pct. af anlæggets effekt i en overgangsperiode frem for at vente.

Mindre tiltag har også en effekt

Også i dagligdagen bliver der taget skridt for at sikre en hurtigere udbygning af elinfrastrukturen. Dette omfatter fx større indkøb af komponenter og reservedele til lager. Dermed reduceres ventetid på grund af leveringstider. Også standardiseringer og ændrede arbejdsgange gør, at der undgås spildtid. Dette ses fx ved at udføre underboringer frem for gravearbejde - og når der bores fra to sider samtidig, øges hastigheden yderligere.

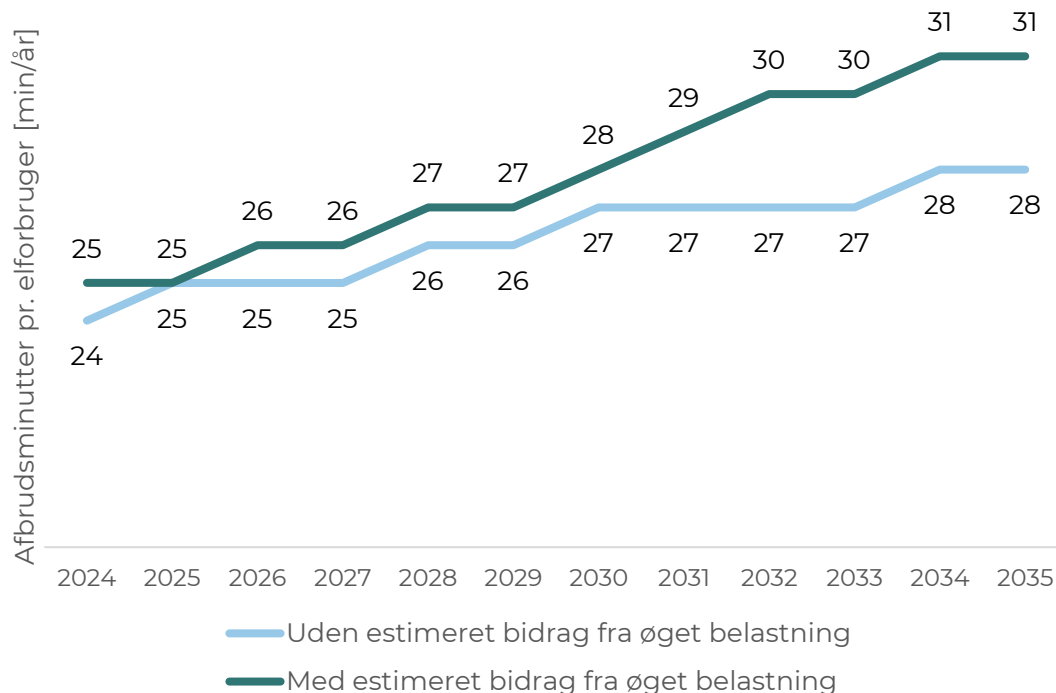


RÅDIGHED I ELTRANSMISSIONSNETTET

Driftsforholdene i eltransmissionsnettet har ændret sig over de sidste år. Øget elektrificering samt indpasning af VE-produktion har medført, at eltransmissionsnettet kapacitet i langt højere grad udnyttes. Det bliver vanskeligere at indpasse udetider til nødvendigt vedligehold, reinvesteringer og udbygning. Samtidig er omkostningerne ved udetider stigende. Udetid er blevet til en knap og omkostningsfuld ressource i elforsyningen for anlægsprojekter. Dette skyldes, at der oftere er behov for de forskellige dele af eltransmissionsnettet. Det har medført et øget fokus på rådigheden af eltransmissionsnettet.

I Energinet er rådighed af eltransmissionsnettet et tværgående fokusområde. Det involverer både udbygning, drift og planlægning af elnettet. Målet er at understøtte gennemførlighed af det løbende vedligehold og anlægsprojekter samtidig med at omkostningerne til at opretholde en sikker drift af elsystemet begrænses.

Udvikling i forventede afbrudsminutter relateret til eldistributionsnettene



NETVIRKSOMHEDERNES FREMSKRIVNING

Green Power Denmark står på vegne af netvirksomhederne for fremskrivningen af den forventede udvikling i afbrudsminutter på eldistributionsniveau. For nærmere detaljer om metode, forudsætninger, antagelser og resultater vedrørende fremskrivningen henvises til redegørelsens bilag 4.

ALDER OG ØGET ELEKTRIFICERING ØGER RISIKOEN FOR AFBRUD I ELDISTRIBUTIONSNETTENE

Netvirksomhederne forventer en stigning i antallet af afbrudsminutter frem mod 2035. Afbrud på distributionsniveau er generelt karakteriseret ved flere afbrud med lavere konsekvens end afbrud på transmissionsniveau.

Dele af eldistributionsnettet har nået en alder, hvor der forventes flere afbrud på grund af aldersrelaterede fejl. Samtidig vil den øgede elektrificering af danskernes energiforbrug medføre en øget belastning i nettene. Disse forhold og det stigende elforbrug forventes også at øge antallet af afbrudsminutter i eldistributionsnettene.

Der forventes på landsplan 28 afbrudsminutter i 2035 gennemsnitligt pr. elforbruger henført til eldistributionsnettene. Tages det estimerede øgede elforbrug i betragtning, forventes 31 afbrudsminutter gennemsnitligt pr. elforbruger. Begge tal inkluderer et forventet bidrag fra den øgede investeringsaktivitet i eldistributionsnettene. Bemærk, at tallene er behæftet med usikkerhed, især i forhold til effekten af øget aktivitetsniveau og øget belastning i eldistributionsnettene.

Netvirksomhederne yder aktiv indsats for at opretholde den høje forsyningssikkerhed

Netvirksomhederne er i gang med at foretage nødvendige investeringer i eldistributionsnettene. Green Power Denmark forventer, at der i gennemsnit skal investeres 7 mia. kr. årligt i eldistributionsnettene frem mod 2030, og 9 mia. DKK årligt i gennemsnit fra 2031 frem mod 2040. En uddybning af dette kan findes i udgivelsen *Elnet til meget mere*.

Netselskaberne har stort fokus på leveringssikkerhed i driften og planlægningen af eldistributionsnettene og optimerer løbende deres processer for at nedbringe udetid for elkunder ved både planlagte og uplanlagte afbrud i nettene.

Implementering af fjernbetjening og automation i driften af elsystemet kan bidrage til at reducere varigheden af afbrud og hjælpe til, at nettet opererer tættere på kapacitetsgrænsen, hvilket vil understøtte elektrificeringen og et højere elforbrug.

Netselskaberne vil i de kommende år, med udgangspunkt i den ny lovgivning om beredskab i energisektoren, investere betydeligt i både IT-sikkerhed, klimasikring og fysiske sikkerhedsforanstaltninger for at øge deres modstandsdygtighed og beredskab over for cybertrusler og fysiske trusler på distributionsniveau.



ROBUSTHED

ROBUSTHEDEN UDFORDRES AF UDVIKLINGEN I ELSYSTEMET

Det er afgørende for driften af elsystemet, at systemstabiliteten håndteres både under normaldrift og under hændelser. Dette sikres gennem en række tiltag herunder indkøb af systemydelse, tekniske nettilslutningskrav til elsystemets produktions- og forbrugsanlæg, systembærende enheder i elsystemet og udlandsforbindelser.

Færre kraftværker og øget kompleksitet

Der er en række tendenser i elsystemet, der udvikler sig hurtigt, og som udfordrer systemstabiliteten i disse år. Tendenserne udfordrer både evnen til at kontrollere elsystemets frekvens og spænding. Energinet undersøger løbende elsystemets behov, og det er vores forventning, at der skal foretages væsentlige investeringer frem mod 2030.

I dagens elsystem bidrager de klassiske kraftværker til systemstabiliteten via deres naturlige egenskaber. Det gør elsystemets nye grønne anlæg ikke på samme måde, da de tilsluttes gennem såkaldte effektelektroniske konvertere. Det er afgørende, at elsystemets nye grønne anlæg effektivt kommer til at kunne bidrage til at løse fremtidens stabilitetsudfordringer for, at Energinet kan sikre omkostningseffektiv systemstabilitet. Dette gøres gennem aktørdrevet udvikling af nye kontrol- og beskyttelsesfunktioner til de grønne anlæg. Det skal her bemærkes, at det allerede i dag er sjældent, at de danske kraftværker er i drift, og dermed er vi ofte afhængige af forbindelserne til vores nabolande, hvor der for nuværende stadig er flere store kraftværker, som altid er i drift.

Kaskadeudkoblinger og blackouts i værste fald

Håndteres systemstabilitetsproblematikken ikke tilstrækkeligt og rettidigt, vil antallet af kritiske og tilmed alvorlige systemhændelser stige betydeligt. Det må forventes, at antallet af utilsigtede anlægsudkoblinger og dermed tab af produktionskapacitet vil stige, hvis de nye konverterbaserede anlæg ikke integreres med nye løsninger. Nye løsninger skal sikres via opdaterede tilslutningskrav og robuste processer, som sikrer, at de nye komplekse anlæg opfører sig som forventet ved hændelser, og dermed modvirker forstyrrelser. Lykkes dette ikke, vil det være nødvendigt med en væsentligt reduceret produktions- og handelskapacitet i længere perioder, indtil de komplekse udfordringer er løst – dette tager typisk flere år og vil fordyre den grønne omstilling.

Disse risici blev meget tydelig den 28. april 2025, hvor den Iberiske halvø blev ramt af blackout. Nyeste analyser vurderer, at hændelsen skete grundet udfordringer med spændingsstabiliteten. Spændingsoscillationer opstod flere gange og førte til sidst til en kaskade udkobling af kraftværker, som ledte til blackout. Hændelsen viser, at kompleksiteten i elsystemet øges, ligesom det bliver svære at vælge den rigtige løsning, når udfordringer opstår i driften. Energinet følger det opfølgende arbejde tæt og er allerede i gang med tiltag, som både skal øge systemets robusthed samt styrke kontrolcentrets evne til bedst muligt at mitigere kritiske hændelser.

HVAD ER FREKVENSSSTABILITET?

Elsystemets evne til kontinuerligt at sikre en stabil frekvens på 50 Hz. Ved for store udsving i frekvensen fra forstyrrelser i elsystemet øges risikoen for kaskadeudkoblinger. Frekvens på 50 Hz er et udtryk for produktion og forbrug er i perfekt balance på sekundniveau.

HVAD ER SPÆNDINGSSTABILITET?

Elsystemets evne til kontinuerligt at sikre, at spændingen forbliver inden for dens designkriterier på alle geografiske lokationer og til alle tider. Ved store udsving i spændingen risikerer anlæg at afkoble eller anlæg at blive beskadiget.



7 tendenser der påvirker elsystemets stabilitet

Nye produktions- og forbrugsanlæg tilsluttes i mængder, størrelser og med en hastighed uden fortilfælde

Elsystemets operationelle anlægsportefølje ændres fra time til time

Øget ønske om at udnytte elsystemets eksisterende komponenter mest muligt

Færre klassiske kraftværker

Elsystemet i Danmarks nabolande forandres på samme måde som det danske

Gennemgribende reinvestering af det danske elsystem over de kommende 10 år

Nye produktions- og forbrugsanlæg tilsluttes via effektelektronik



EKSEMPLER PÅ KONSEKVENSER AF EN UDFORDRET SYSTEMSTABILITET

INTERNATIONALE ERFARINGER

PRÆVENTIV NEDREGULERING AF 2 GW VIND I FINLAND GRUNDET STABILITETSUDFORDRINGER

For at sikre systemstabiliteten under en række planlagte reinvesteringsprojekter, er Fingrid, den Finske TSO, nødt til **præventivt at begrænse vindproduktionen langs den finske vestkyst med 2 GW**. Den præventive nedregulering skyldes en meget høj penetration af konverterbaserede produktionsanlæg i området, og Fingrid kan ikke garantere, at det finske elsystem kan drives sikkert, medmindre produktionen fra disse anlæg begrænses. Begrænsningen vil finde sted i en længere årrække.

UTILSIGTET UDKOBLING AF VINDANLÆG EFTER SYSTEMFORSTYRRELSER I TEXAS

Den 21. marts 2022 opstod en fejl på en 345 kV-ledning i Texas. Fejlen blev umiddelbart rettet, men 765 MW vind fordelt over 10 anlæg udkoblede utilsigtet. Samme dag opstod endnu en fejl, der ledte til en samlet udkobling af 457 MW vind fordelt på 8 anlæg. Alle anlæg var konvertertilsluttet og uden forventning om at udkoble. Frekvensen faldt i begge tilfælde, og reserver blev aktiveret for at sikre elsystemet. **Opfølgende arbejde anbefaler, at tilslutningskrav og processer skal opdateres, herunder anvendelse af mere avancerede simuleringsmodeller.**

BROWN-OUT I LONDON

Den 9. august 2019 slår et lyn ned i en 400 kV-ledning i England, og der tabes 1800 MW produktion. 1 million elforbrugere afkobles, hvilket redder det samlede elsystem fra kollaps og blackout. **Det opfølgende arbejde konkluderer, at udkobling af Hornsea skyldtes kontrolindstillinger, som ikke var tilpasset det specifikke tilslutningspunkt. Korrekte og projektspecifikke indstillinger kan kun identificeres med avancerede simuleringsmodeller.**

DANSK PERSPEKTIV

SYSTEMKRITISKE FEJL OG UTILSIGTEDE UDKOBLINGER KAN OGSÅ FOREKOMME I DANMARK

Den 9. august 2020 opstod brand i et træ tæt på højspændingsluftledninger på Sjælland. Branden leder til to fejl, først udkobling af 400 kV-linjen mellem Bjæverskov og Ishøj og 10 minutter senere udkobling af 400 kV-linjen mellem Bjæverskov og Hovegård. Efter anden fejl er 400 kV-systemet i DK2 blevet delt i to, og en ustabil oscillation opstår i den sydvestlige halvdel. Denne oscillation leder til udkobling af Storebælt HVDC-forbindelsen, og nedregulering af KONTEK HVDC-forbindelsen. Dette ville have givet en stor og kritisk effektubalance i systemet, men systemet reddes via hurtig forøgelse af import fra Sverige, således import udgør ca. 75 pct. af det samlede forbrug i DK2. **Havde det ikke været for den ekstra import fra Sverige, ville situationen have været væsentlig mere alvorlig.**

PRÆVENTIV NEDREGULERING I DANMARK

Energinet kan også gøre brug af præventiv nedregulering. I forbindelse med særlig kritiske reinvesteringer eller revisioner, hvor linjer eller transformere skal tages ud af drift, analyseres situationen for at identificere og mitigere særlige risici. Når risici ses, er de mest oplagte løsninger ofte begrænsning af produktion fra VE-anlæg eller at beordre kørsel af centrale kraftværker - begge løsninger med store økonomiske omkostninger. I løbet af de seneste 10 år har Energinet øget indsatsen på detaljegrad og omfang af relevante analyser, hvilket har fjernet mange usikre risici, og dermed reduceret omkostninger forbundet med præventive tiltag betydeligt. Det forventes dog, at dette ændres grundet tendenserne beskrevet på forrige side. **Disse vil introducere ny risici, og dermed behov for præventiv nedregulering, hvis ikke det sikres, at risici identificeres og mitigeres i forbindelse med tilslutning af nye anlæg. Yderligere skal der samtidig findes nye løsninger, som kan erstatte de systemstabiliserende egenskaber, der tidligere blev leveret af centrale kraftværker.**

BEHOV FOR VÆSENTLIGE INVESTERINGER FOR AT SIKRE SYSTEMSTABILITETEN

Energinet har igangsat en række initiativer, som skal understøtte en fortsat høj systemstabilitet i fremtidens elsystem, men det skal understreges, at alle de nødvendige værktøjer endnu ikke er fuldt udviklede. En række tiltag og investeringer vurderes nødvendige for at efterleve det anbefalede planlægningsmål på 1 afbrudsminut relateret til systemstabilitet. Investeringer skal ske flere steder i værdikæden, dels i forhold til de store enkelte produktions- og forbrugsanlæg, og dels i det kollektive elsystem. Boksene nedenfor beskriver nogle af de tiltag, der vil understøtte en fortsat høj systemstabilitet i fremtidens elsystem.



NYE SYSTEMBÆRENDE ENHEDER

Systembærende enheder har historisk været centrale kraftværker, synkronkompensatorer eller HVDC-VSC, men ny teknologi er på vej som giver nye muligheder. Den såkaldte grid-forming-teknologi kan anvendes på konverterbaserede anlæg, og giver dem mange af de samme egenskaber som centrale kraftværker med henblik på at sikre system stabilitet. Implementering af tilslutningskrav som muliggør grid-forming-batterier er i proces, og arbejdet forventes afsluttet med udgangen af 2025. På sigt kan grid-forming også implementeres på vind- og solanlæg.

Analysen fra Energinet indikerer, at eksempelvis en grid-forming-enhed placeret i Bjæverskov kunne have forhindret den ustabile oscillation som opstod efter fejlhændelserne den 9. august 2020, og dermed gjort situationen væsentlig mindre kritisk.



AUTOMATISERING OG ONLINE ANALYSER

Nye tiltag i Energinets kontrolcenter muliggør, at elsystemet kan drives mere effektivt samtidig med, at det sikres at systemet holdes i et optimalt udgangspunkt i forhold til robusthed. Energinet har konkret to aktive projekter. *DSA i kontrolcenter (dynamic stability assessment)* er et nyt automatisk IT-værktøj i kontrolcenteret. DSA eksekverer stabilitetsanalyser i tæt på realtid, og kan fx mindske behov for præventiv nedregulering grundet usikre risici.

Effektiv spændingsregulering skal muliggøre, at et optimalt antal anlæg kan drives i spændingskontrol ved automatisk at optimere og koordinere kontrolsætpunkter til disse anlæg. Værktøjet vil forbedre systemets spændingsstabilitet - særligt i situationer med hurtig varierende VE-produktion.



SYSTEMBEHOV OG SAMARBEJDE

Energinet kan ikke på egen hånd sikre systemstabiliteten rettidigt og omkostningseffektivt. Det kræver et tæt samarbejde med både andre systemoperatører, anlægsudviklere og forskningsmiljøet. Energinet har derfor startet en række offentlige initiativer med henblik på at identificere de rigtige løsninger til at sikre stabilitet i fremtidens elnet. Løsningerne skal være både samfundsøkonomisk effektive og optimale for systemdriften. Eksempelvis undersøges behov og tilgang relateret til systembærende enheder. Er disse mest omkostningseffektivt placeret i det kollektive elsystem og/eller som en del af aktøreljede produktions- og forbrugsanlæg?

A photograph of two young boys running through a field of tall, dry grass. The boy on the left is wearing a blue long-sleeved shirt and dark pants, while the boy on the right is wearing a dark green long-sleeved shirt and light blue jeans. They are both smiling and appear to be running towards the right. In the background, there are several high-voltage power lines and pylons stretching across the horizon under a cloudy sky. A white geometric line pattern, resembling a network or a stylized mountain range, is overlaid on the right side of the image.

IT-SIKKERHED

CYBERSIKKERHED OG IT-DRIFTSSTABILITET

Styrkelse og udvikling af det digitale beredskab

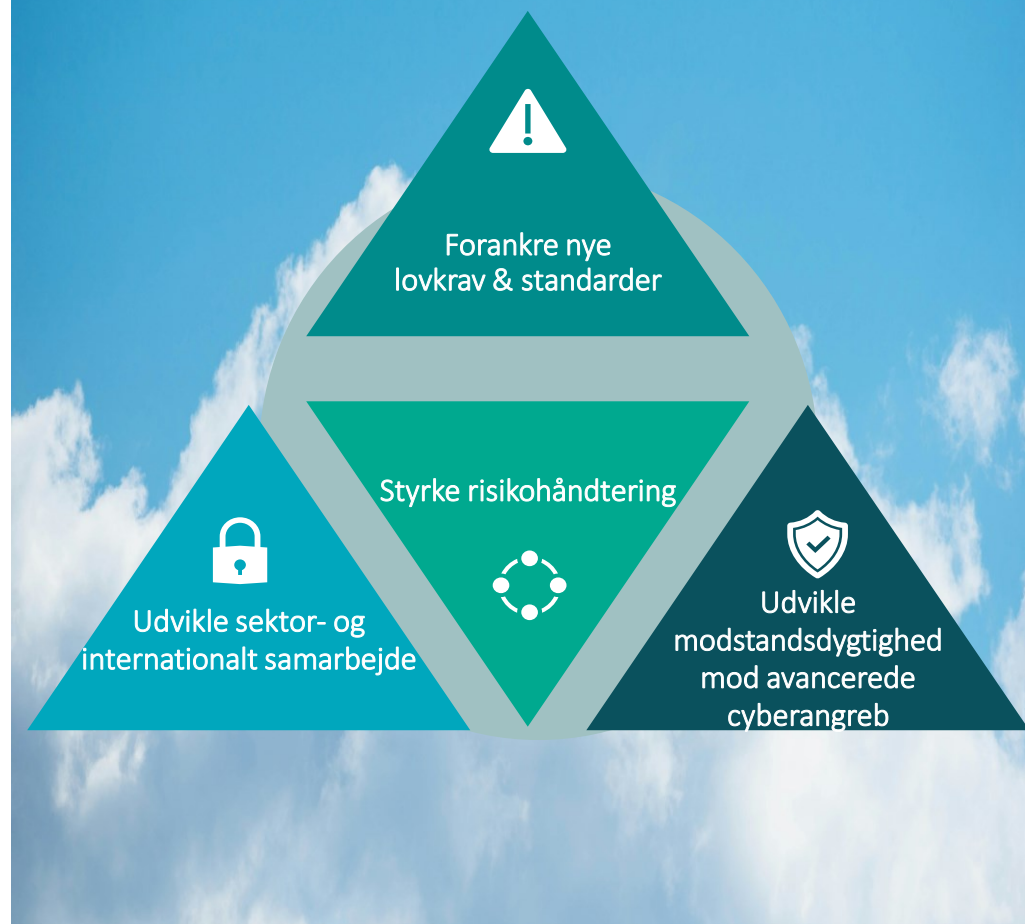
Energinet arbejder målrettet på at opbygge kapacitet og modstandsdygtighed i vores netværk samt i vores beredskaber, så vi fortsat sikrer os bedst muligt mod nedbrud i vores IT-systemer forårsaget af cyberangreb. Samtidig udvikler vi konstant vores evne til at genoprette systemerne hurtigt, hvis en destruktiv aktør skulle få succes med et angreb.

Fokus på kritisk infrastruktur

Danmark og særligt dansk kritisk infrastruktur står over for nye og omskiftelige udfordringer - ikke blot i forhold til robustheden i elsystemet - men også i forhold til cyberangreb. Den geopolitiske situation i Europa og de konstaterede angreb på kritisk IT-infrastruktur, også i Danmark, kræver en stærk og konstant opmærksomhed på at beskytte den eksisterende infrastruktur. De løbende trusselvurderinger identificerer nye typer af cybertrusler, hvilket kræver både forstærket overvågning og konstant udvikling af beskyttelsen og beredskabet mod cyberangreb.

Sikker drift og robusthed

IT-sikkerhed og modstandsdygtighed er ikke kun relateret til cybertruslen. Omstillingen af elsystemet betyder, at driften og styringen af systemstabiliteten bliver mere og mere kompleks. For at understøtte en sikker drift og styring kræves udvikling og implementering af digitale styringsalgoritmer og -systemer og automatisering af styringen af elsystemet i realtid med fokus på datakvalitet og -kommunikation. Et stærkt og sikkert IT-netværk er afgørende for, at vi kan opretholde elforsyningen, undgå overbelastninger og sikre stabiliteten. Driftssikkerheden af de digitale systemer skal derfor udvikles til at være på niveau med robustheden i elsystemet fx gennem fuld implementering af redundans og N-1 principper i IT-systemerne. Dette forudsætter blandt andet implementering af overvågning og styring af IT-netværk, IT-infrastruktur og datakommunikation tilsvarende overvågningen og styringen af elsystemet.



DE KRITISKE SEKTORERS CYBERSIKKERHEDSCENTER

Energinet arbejder aktivt sammen med SektorCERT, der er en væsentlig del af dansk kritisk infrastrukturens forsvar mod cybertrusler. SektorCERT er med til at opdage og håndtere, når den kritiske infrastruktur udsættes for cyberangreb.

SektorCERT varetager blandt andet monitoreringen af de virksomheder i sektorerne, som er tilsluttet det omfattende sensornetværk. Her monitoreres internettrafikken med henblik på at opdage cyberangreb mod dansk, kritisk infrastruktur.

SektorCERT er en nonprofit forening ejet og finansieret af de danske selskaber inden for kritisk infrastruktur. Der samarbejdes med Europas andre CERT'er og med en række cybersikkerhedsorganisationer, som medvirker til at vedligeholde en stor viden om truslerne mod kritisk infrastruktur.

LØBENDE UDVIKLING OG OPGRADERING AF PLATFORME OG NETVÆRK

Digitale platforme og datakommunikationsnetværk udvikles til at håndtere ændringer i elsystemet og de løbende forandringer i trusselsbilledet for cybersikkerhed.



NY PLATFORM FOR FORSYNINGSKRITISKE IT-SYSTEMER

Et robust og fremtidssikret fundament for Energinets forsyningskritiske IT-systemer kaldet OT-plattformen er taget i brug i version 1.0. IT-sikkerhedsarkitekturen er designet, så de løbende ændringer kan gennemføres i en takt, der matcher den hastige udvikling i elsystemet.

Plattformen opbygges modulært med mulighed for løbende udvikling af platform og applikationer for til stadighed at kunne leve op til aktuelt trusselsniveau og kravene i elsystemet i en "Evergreen tilgang" - modsat hidtidig praksis med store opgraderinger med 7-10 års mellemrum.



OPGRADERING AF DATAKOMMUNIKATIONSNETVÆRK

Udskiftning og opgradering af stationer og generelle krav til:

- Central tidssynkroniseringsservice til stationers kontrol- og beskyttelsesudstyr
- Opdatering af netværkssegmentering, kryptering, monitorering og adgangsstyring i tråd med fremtidige retningslinjer i lov om styrket beredskab.
 - Øget båndbredde for datakommunikation, som understøtter øget digitalisering af avancerede digitale styringssystemer.



NETVÆRK, DATAKOMMUNIKATION OG INFRASTRUKTUROVERVÅGNING

Implementering af centraliseret overvågning og styring af IT-netværk, IT-infrastruktur og datakommunikation tilsvarende overvågning og styring af elsystemet for at understøtte, at driftsstabiliteten af digitale systemer kan udvikles til at være på niveau med robustheden i elsystemet.

Første trin i understøttelsen af driftsstabiliteten i de forsyningskritiske IT-applikationer og -systemer er gennemført med etablering af 24/7 on-site IT-vagtfunktioner i Energinets kontrolcenter, kombineret med forstærket overvågning hos vores IT-driftspartner.

ØGET DIGITAL REGULERING I ENERGISEKTOREN SKAL STYRKE SIKKERHEDEN PÅ TVÆRS AF EUROPA

NIS2 er sammen med blandt andet CER-direktivet del af en større lovpakke fra EU, der skal styrke beredskabet og modstandsdygtigheden mod fx cyberangreb og spionage. Direktiverne øger kravene til beskyttelse af samfundsvigtig infrastruktur, og implementeringen i dansk lovgivning omfatter *Lov om styrket beredskab i energisektoren*. Denne særskilte regulering for energisektoren begrundes med et "højt og markant trusselsniveau mod energisektoren" og behovet for et "ambitiøst beredskabsniveau". Opfyldelse af NIS2- og CER-kravene kræver en strategisk og ledelsesforankret rammesætning og implementering af risikostyring. Nedenfor fremhæves centrale krav fra Lov om styrket beredskab i energisektoren:

1

CYBERSIKKERHED

Fokus på at beskytte kritiske systemer mod cyberangreb gennem avancerede sikkerhedsforanstaltninger, kontinuerlig overvågning og hurtig respons på sikkerhedshændelser. Dette inkluderer også krav til leverandører om at opretholde høje sikkerhedsstandarder for at sikre hele forsyningskæden.

2

FYSISK SIKKERHED

Sikkerhedsforanstaltninger omkring kritisk infrastruktur, herunder hegn, overvågning og strenge adgangs-kontrolsystemer samt udarbejdelse af beredskabsplaner. Derudover sikres regelmæssig vedligeholdelse og opgradering af sikkerhedsudstyr for at imødegå nye trusler.

3

ORGANISATORISK BEREDSKAB

Regelmæssige risiko- og sårbarhedsvurderinger, øvelser for at forberede personale på hændelser, og styrkelse af samarbejdet mellem forskellige aktører i energisektoren for effektiv koordinering og informationsdeling. Dette omfatter også udvikling af klare kommunikations-strategier for at sikre hurtig og effektiv respons under kriser.

IMPLEMENTERING I DANSK RET

NIS2- og CER-direktiverne er implementeret i dansk ret gennem to hovedlove fra Ministeriet for samfundssikkerhed og beredskab. Energisektoren er ikke omfattet af de to hovedlove, men har derimod fået sin egen lov "Lov om styrket beredskab i energisektoren" og tre dertilhørende bekendtgørelser.

Forsinket implementering i dansk ret

Det lovforberedende arbejde i Danmark har været forsinket i forhold til direktivernes implementeringsfrist den 18. oktober 2024.

Lov om styrket beredskab i energisektoren trådte i kraft den 7. marts 2025 og er efterfulgt af bekendtgørelsen om modstandsdygtighed og beredskab i energisektoren og bekendtgørelse om gebyrer. Derudover forventes det, at bekendtgørelse om sikkerhedsgodkendelser træder i kraft omkring den 1. juli 2025. Bekendtgørelse om modstandsdygtighed og beredskab i energisektoren fastsætter omfattende krav til cybersikkerhed og fysisk sikring.

Implementering i Energinet

Implementeringen i Energinet sker igennem flere projekter, der er forankret i Energinets Sikkerhedsudvalg. Implementeringen indebærer en betydelig og omfattende opgave for Energinet. Det er essentielt at sikre forsyningsikkerheden under denne proces, samtidig med at overholde de strenge tidsfrister og begrænse omkostningerne mest muligt.

ORDLISTE

Afbrudsminutter: Antal minutter pr. år en forbruger eller en gruppe af forbrugere i gennemsnit ikke har adgang til eller forventes ikke at have adgang til elektricitet. Afbrudsminutter dækker kun over ufrivillig mangel på el.

aFRR: Automatic Frequency Restoration Reserves, også kendt som sekundær reserve. Benyttes til balanceudligning.

Blackout: Ukontrolleret afbrydelse af hele – eller dele af – elnettet i et elprismråde.

Brownout: Kontrolleret afkobling af elforbrugere, som følge af mangel på tilstrækkelig el.

CONE: Cost Of New Entry, omkostningen ved ny kapacitet. Omkostningen afhænger af typen på de problemer, der identificeres og skal løses, da det ikke er alle teknologier, der kan løse alle typer problemer.

Day-ahead-markedet: Elleverandører og producenter handler i day-ahead-markedet for at dække produktion og forbrug for det følgende døgn.

Effektminutter: Afbrudsminutter relateret til manglende effekttilstrækkelighed. Se *Afbrudsminutter*.

Effekttilstrækkelighed: Sandsynlighed for at der er effekt nok til rådighed i et elprismråde under hensyntagen til elproduktion, eksterne elforbindelser og fleksibelt elforbrug.

ENTSO-E: European Network of Transmissions System Operators for Electricity. Sammenslutning af europæiske TSO'er.

ERAA: European Resource Adequacy Assessment. Vurdering af den fremadrettede effekt-tilstrækkelighed på tværs af Europa udarbejdet af ENTSO-E. Et link til rapporten findes i litteraturlisten.

Flowbased kapacitetsberegning: En ny og dynamisk metode til beregning af kapacitet mellem budzoner i Norden, der forventes at have en væsentlig samfundsøkonomisk betydning, idet nettet bedre kan udnyttes. Hermed kan der flyttes større mængder strøm, hvilket i sidste ende også bidrager til effekttilstrækkeligheden.

Importafhængighed: Importafhængighed dækker over, hvor meget et land afhænger af import i den værste time af året. Et land kan sagtens være nettoeksportør af energi på årlig basis, men have en meget stor importafhængighed i de værste timer.

Vejrår: Et vejrår bruges til at beskrive en samling af sammenhængende vejrforhold i løbet af et år, såsom solindstråling, vind, temperatur samt regn- og snefald. Energinet bruger 35 historiske vejrår fra 1982 til 2016 til at vurdere den fremtidige effekttilstrækkelighed.

Kapacitetsmarked: En mekanisme, hvor der gennem kompetitive auktioner udbetales kapacitetsbetaling til anlæg ud fra deres tekniske evne til at levere effekt ved effektutilstrækkelighed. Anlæg der opnår kapacitetsbetaling er forpligtede til at producere i situationer med effektmangel, men kan ellers deltage frit i alle markeder. Forbrugsreduktion kan også opnå kapacitetsbetaling.

Kapacitetsmekanisme: Understøttelse gennem målrettede kapacitetsbetalinger til at sikre tilstrækkelig kapacitet til at dække uforudsete hændelser eller for at sikre effektivitetstrækkeligheden. Dette kan fx være en strategisk reserve eller et kapacitetsmarked.

LOLE: Loss of Load Expectation. Den forventede hyppighed af situationer, hvor produktionskapaciteten til rådighed i et område, inklusive muligheden for import, er mindre end elforbruget i området.

mFRR: Manual Frequency Restoration Reserves, også kendt som tertiær reserve. Benyttes til balanceudligning.

PtX: Power-to-X. Samlet betegnelse for forædlingsprocesser, hvor elektricitet omdannes til anden energibærer, fx brint, syntetiske flydende brændstoffer eller ammoniak.

Regulerkraft: Regulerkraft anvendes til manuelt at opretholde balancen (og dermed frekvensen) i det samlede elsystem. På regulerkraftmarkedet kan aktører indgive bud på op- og nedregulering i driftstimen. mFRR skal indmeldes i dette marked, og regulerkraft er derfor aktivering af indmeldte bud for mFRR.

Reserver: Generel betegnelse for de systemydelse, i form af energiaktivering og kapacitet, som Energinet indkøber til at opretholde en stabil og sikker drift af elsystemet.

Selvforsyningsgrad: Dette dækker over, hvor meget et land kan forsyne af sit eget forbrug i den værste time af året med indenlandsk produktion. Et land kan sagtens være nettoeksportør af energi på årlig basis, men have en meget lav selvforsyningsgrad i denne sammenhæng.

Strategisk reserve: En mekanisme, hvor et eller flere produktionsanlæg holdes udenfor markedet og kan aktiveres til at levere produktion, hvis der ikke kan skaffes tilstrækkelig produktion gennem day-ahead- og intraday-markederne, og de tilgængelige reserver ikke kan dække et effektunderskud.

VOLL: Values Of Lost Load, værdien af ikke-leveret energi. Begrebet kan overordnet beskrives som værdien af den tabte samfundsøkonomiske aktivitet ved et strømafbud og defineres i dansk og europæisk lovgivning som et overslag for den maksimale elpris, som kunder er villige til at betale for at undgå strømafbud.

REFERENCE- OG BILAGSLISTE

Effekttilstrækkelighed

- ENTSO-E: '[European Resource Adequacy Assessment 2024 Edition](#)', 2025
- German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action: '[Secure supply of electricity ensured until the end of the decade](#)', 2023
- Forsyningstilsynet: '[Forsyningstilsynet sender sit udkast til et forslag til en pålidelighedsstandard med tilhørende parametre i offentlig høring](#)', 2025

Beredskab

[FE-rapport: Opdateret vurdering af truslen fra Rusland mod Rigsfællesskabet](#)

Elmarked

- Energistyrelsen: 'Et dansk estimat for Value of Lost Load', 2023:
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/El/hovedrapport_voll_i_dk_marts23.pdf

Nettilstrækkelighed

- Power Denmark: 'Elnet til meget mere', 2023
- Energinet: 'Energinets langsigtede udviklingsplan 2024', 2024
- Energistyrelsen: 'Analyseforudsætninger til Energinet 2024', 2024
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet: [NEKST-arbejdsgruppe Hurtigere udbygning af elnettet\(kefm.dk\)](#)

Robusthed

- Energinet: 'Anvendelse af grid forming technology i det danske elsystem', 2023
- Energinet: 'Kortslutningskatalog', 2023

IT-Sikkerhed

- Center for Cybersikkerhed: 'CFCS udgiver Cybertruslen mod Danmark 2023' 2023
- Center for Cybersikkerhed: 'Ny trusselsvurdering: Cybertruslen mod energisektoren 2023', 2023

Bilag

- Bilag 1 'Afbudsstatistik'
- Bilag 2.1 'Metodenotat – Energinets effekttilstrækkelighedsberegninger'
- Bilag 2.2 'Resultater for effekttilstrækkelighed'
- Bilag 3 'Marked'
- Bilag 4 'Elforsyningssikkerheden i eldistributionsnettene'