

# REDEGØRELSE FOR ELFORSYNINGSSIKKERHED 2023

**ENERGINET**

# INDHOLDSFORTEGNELSE

Hvad er forsyningssikkerhed? .....	3
Anbefaling til planlægningsmål 2033 .....	4
Energinets forventning til forsyningssikkerheden .....	5
Tiltag der kan understøtte planlægningsmålet .....	6
Status på elforsyningssikkerheden .....	7
Effekttilstrækkelighed .....	8
Elmarked og effekttilstrækkelighed .....	15
Nettilstrækkelighed .....	20
Robusthed .....	24
IT-sikkerhed .....	28
Ordliste .....	33
Referencer .....	34

## REDEGØRELSE FOR ELFORSYNINGSSIKKERHED 2023

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 2033.

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

I sammenhæng med årets redegørelse er der udarbejdet tilhørende bilagsrapporter. Bilagsrapporterne indeholder bl.a. Afbrudsstatistikken for 2022, en uddybning af metoder og resultater for effekttilstrækkelighed samt en nærmere beskrivelse af netvirksomhedernes forventninger.

# HVAD ER ELFORSYNINGSSIKKERHED?

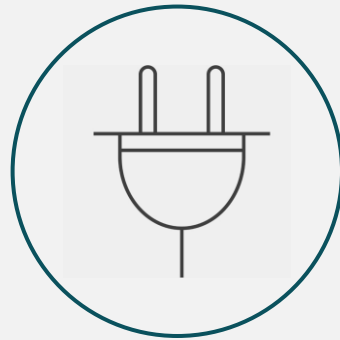
Sikring af en høj elforsyningssikkerhed er et komplekst samspil i hele værdikæden mellem elproducenterne, det fysiske elnet, elmarkedet og elforbrugerne. Elforsyningssikkerhed handler om mere end størrelse og antal af elledninger, kraftværker og vindmøller. Elforsyningssikkerheden afhænger af, i hvor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

## SYSTEMTILSTRÆKKELIGHED



### EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

Effektilstrækkelighed 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.

## SYSTEMSIKKERHED

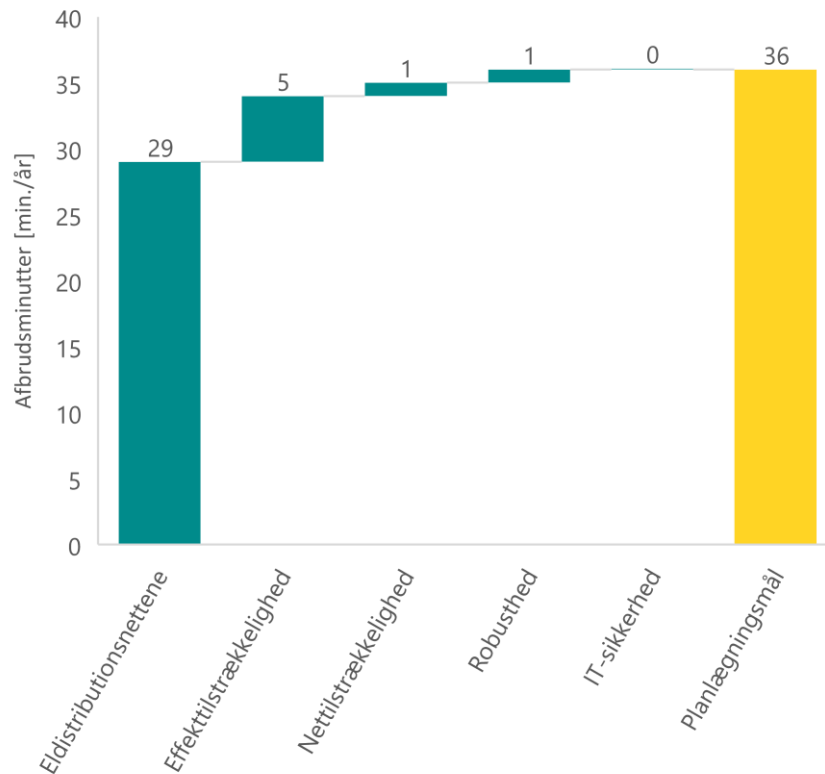


### IT-SIKKERHED

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



Anbefalet planlægningsmål i 2033 fordelt på forsyningssikkerhedskategorier



## 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 elforsyningssikkerheden. Planlægningsmålet 2033 udtrykker et fremtidigt niveau for det årlige gennemsnitlige antal afbudsminutter for den danske elforbruger i 2033.

## ENERGINET ANBEFALER ET AMBITIØST PLANLÆGNINGSMÅL

Energinet anbefaler for 2033 et planlægningsmål på 36 afbudsminutter. Det betyder, at man som dansk elforbruger i 2033 i gennemsnit kan forvente 36 minutter uden el. Det svarer til, at de danske elforbrugere har strøm i stikkontakten 99,993 pct. af tiden.

Planlægningsmålet for transmissionsnettet er 7 afbudsminutter, som fordeler sig med 5 afbudsminutter relateret til manglende effektilstrækkelighed, 1 afbudsminut relateret til nettilstrækkelighed, 1 afbudsminut relateret til robusthed og 0 minutter relateret til IT-sikkerhed.

Med årets planlægningsmål fastholder Energinet således de seneste års ambitionsniveau for fremtidens elforsyningssikkerhed, men det skal samtidig understreges, at den hastige grønne omstilling af elsystemet udfordrer elforsyningssikkerheden på langt sigt.

Planlægningsmål for 2033 svarer til et lille fald i afbudsminutter relativt til planlægningsmålet i sidste års redegørelse. Planlægningsmålet for 2032 var 38 minutter med 31 minutter til netvirksomhederne og 7 minutter til eltransmissionsnettet. Det lille fald i planlægningsmålet for 2033 skyldes alene en mere optimistisk forventning hos netvirksomhederne til eldistributionsnettene på grund af en forbedring i prognosetilgangen, der bedre tager højde for eldistributionsnettenes aldring.

### Et ambitiøst planlægningsmål kræver en målrettet indsats

Med planlægningsmålet er der tale om en overordnet målsætning for det gennemsnitlige fremtidige niveau for elforsyningssikkerhed. Planlægningsmålet søges realiseret gennem opfølgende beslutninger og igangsættelse af nye tiltag. Effekten af de tiltag og udviklingstendenser, der kan påvirke elforsyningssikkerheden, viser sig typisk først over tid.

Set i lyset af den hastige udvikling i elsystemet, både nationalt og internationalt, er der tale om et ambitiøst planlægningsmål, som kræver en indsats at opretholde, både nationalt og i samarbejde med vores nabolande.

Det er Energinets vurdering, at nye tiltag er nødvendige for at understøtte effektilstrækkeligheden på langt sigt, og at opretholdelsen af nettilstrækkeligheden og systemsikkerheden kræver store investeringer, udviklingstiltag og en målrettet indsats både i elsystemet og i de digitale styringssystemer for at lykkes dermed.

# ENERGINETS FORVENTNINGER TIL FREMTIDENS ELFORSYNINGSSIKKERHED – KORT FORTALT

## Behov for ny effekt og balancekraft

Dette års redegørelse viser, at der i Danmark over tid er en stigende risiko for, at der ikke er nok effekt til at dække elforbruget. Udfordringerne opstår på grund af nedgang i den regulerbare termiske kapacitet og en generel stigning i elforbruget – både i Danmark og resten af Europa.

Risikoen for at mangle effekt relaterer sig både til spørgsmålet om at have nok effekt i day-ahead markedet til at dække efterspørgslen på strøm, men også til hvorvidt der er tilstrækkelige balanceringsreserver. Der er således samlet set en risiko for, at de tilgængelige ressourcer i day-ahead og balancemarkederne ikke er tilstrækkelige til at opretholde en tilfredsstillende effekttilstrækkelighed.

Energinet forventer et behov for flere systemydelser og balanceringsreserver til at håndtere større og hyppigere ubalancer i fremtidens elsystem. Balanceringsreserverne kan aktiveres til at afhjælpe denne systemmæssige effektmangel, men vil så ikke også kunne aktiveres og afhjælpe ubalancer, som er deres primære formål.

Udfordringerne med effektmangel opstår typisk på tværs af Europa på tidspunkter, hvor produktionen fra sol og vind er lav. Årets redegørelse peger på, at dette problem bedst afhjælpes med ny regulerbar produktionskapacitet eller reduceret forbrug. Gode udlandsforbindelser har været og er stadig et bærende element i den danske forsyningssikkerhed, men ny kapacitet på de danske udlandsforbindelser vil kun i begrænset omfang kunne afhjælpe denne problemstilling.

Et muligt tiltag til at imødegå risikoen for at mangle effekt er en kapacitetsmekanisme. En kapacitetsmekanisme vil via målrettede betalinger til elproduktionskapacitet eller variabelt elforbrug øge de økonomiske incitamenter, for at der er tilstrækkelig kapacitet til rådighed til at undgå afbryd af elforbrugere. Energinet har i dialog med Energistyrelsen iværksat en nærmere analyse af forudsætninger og muligheder for potentielt at etablere en

kapacitetsmekanisme i Danmark. Analysen vil belyse fordele og ulemper ved forskellige varianter af en eventuel kapacitetsmekanisme under hensyntagen til påvirkning af de øvrige markeder.

## Udbygning af elnettet

Den kraftigt accelererede udbygning af vedvarende energi samt et forventet øget elforbrug stiller krav til elnettet. Decentralisering af elsystemet betyder, at en mindre andel af elproduktionen sker, hvor den skal forbruges og derfor skal transporteres over længere afstande. Det er nødvendigt med udbygning og forstærkning af elnettet både på transmissions- og distributionsniveau. Dette kræver investeringer i opretholdelse af det nuværende elsystem, men også investeringer i ny kapacitet.

## Systemikkerheden skal sikres

Elsystemet skal kunne modstå pludseligt opståede driftsforstyrrelser, fx kortslutninger eller udfald af produktionsanlæg. I fremtidens elsystem med nye teknologier skal systemstabiliteten sikres på en ny måde.

Energinet forventer, at der skal ske væsentlige investeringer for at kunne opretholde systemstabiliteten i fremtiden både ved de store enkelte produktions- og forbrugsanlæg og i det kollektive elsystem. For at sikre en pålidelig integration af elsystemets nye teknologier og komplekse anlæg skal der udvikles nye kompetencer i Energinet og hos anlægsudvikler. Der er derfor behov for et endnu tættere samarbejde mellem systemoperatører, anlægsudviklere og forskningsmiljøer.

Det ændrede geopolitiske landskab i Europa giver udfordringer i forhold til IT-sikkerheden, hvilket i værste fald kan påvirke elforsyningssikkerheden. Elforsyningssikkerheden i det fremtidige vedvarende el-system kan opretholdes gennem udvidet automatisering og digitalisering af drift og balancering, hvilket kan medføre nye sårbarheder. Energinet arbejder systematisk og strategisk med at sikre en fortsat stærk IT-sikring og beskyttelse mod cyberangreb



# TILTAG DER UNDERSTØTTER PLANLÆGNINGSMÅLET

Nedenfor fremhæves nogle af de væsentligste tiltag til at understøtte planlægningsmålet. De enkelte tiltag bliver uddybet og nærmere beskrevet i de relevante afsnit senere i redegørelsen.

## 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

## ROBUSTHED

- Investering i støttende anlæg og komponenter
- Udvikling af nye kontrol- og beskyttelsesfunktioner på elsystemets produktions- og forbrugsanlæg
- Tæt samarbejde med systemoperatører, anlægsudviklere og forskningsmiljøet
- Udvikling af kompetencer til integration af elsystemets nye komplekse anlæg

## IT-SIKKERHED

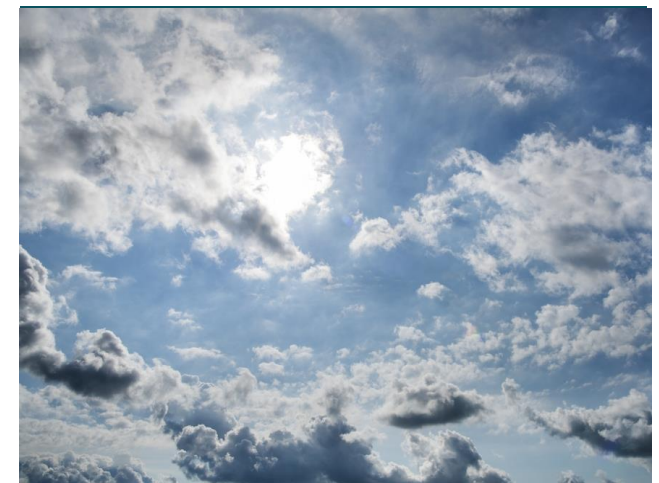
- Løbende udvikling af præventiv beskyttelse, overvågning og styrkelse af beredskabet
- Energinet danner nyt digitalt driftsfundament (HAMLET) til forsyningskritiske systemer
- Fokus på medarbejdernes sikkerhedsbevidsthed
- Digital driftsplatform, der gør det nemmere at modtage digitale løsninger i kontrolcentret
- Fornyelse af datakommunikationsplatform og etablering af samlet netværks- og infrastrukturovervågning

## 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 mhp. optimering af ressourceindsats
- Flexibelt forbrug, fx via tidsdifferentierede tariffer og frivillige afbrydelighedsaftaler









## ELMARKED

- Analyse af forudsætninger og muligheder ved en kapacitetsmekanisme
- Information til elforbrugere og aktører mhp. at aktivere fleksibelt forbrug og balanceringsressourcer
- Ny intelligent og dynamisk dimensioneringsmetode i Norden af FRR-reserver



# STATUS PÅ ELFORSYNINGSSIKKERHEDEN

I 2022 blev antallet af afbrudsminutter opgjort til knap 24 minutter. De danske elforbrugere har i de sidste ca. 10 år oplevet i gennemsnit ca. 20 afbrudsminutter pr. år, svarende til en elforsyningssikkerhed på 99,995 pct. Vind og sol udgør en større og større andel af det samlede danske elforbrug og udgjorde i 2022 60 pct. Den stigende andel vedvarende energi kræver større omkostninger til balancering af elnettet, og Energinets omkostninger til systemydelser er steget til ca. 3 mia. kr. i 2022. I det seneste år, 2022, har der ikke været hverken, IT-hændelser, skærpet drift eller nøddrift, som har påvirket elforsyningssikkerheden.

<b>AFBRUDSMINUTTER I HELE ELSYSTEMET</b> Gns. antal afbrudsminutter pr. elforbruger [Minutter] <div>  <div> 2022: 24  2021: 22  2020: 20 </div> </div>	<b>AFBRUD RELATERET TIL ELTRANSMISSIONSNETTET</b> forbrugsvægtede afbrudssekunder [Minutter] <div>  <div> 2022: 2,0  2021: 0,7  2020: 0,4 </div> </div>	<b>VIND OG SOLS ANDEL AF ÅRETS ELFORBRUG</b> [Andel] <div>  <div> 2022: 60  2021: 47  2020: 50 </div> </div>	<b>OMKOSTNINGER TIL SYSTEMYDELSER</b> [Mio. kr.] <div>  <div> 2022: 2.741  2021: 1.413  2020: 935 </div> </div>
<b>BEREDSKABSHÆNDELSER</b> [Antal hændelser] <div>  <div> 2022: 4  2021: 2  2020: 1 </div> </div>	<b>IT-HÆNDELSER</b> med konsekvens for forsyningssikkerheden [Antal hændelser] <div>  <div> 2022: 0  2021: 0  2020: 0 </div> </div>	<b>SKÆRPET DRIFT</b> [Antal hændelser] <div>  <div> 2022: 0  2021: 0  2020: 2 </div> </div>	<b>NØDDRIFT</b> [Antal hændelser] <div>  <div> 2022: 0  2021: 0  2020: 0 </div> </div>



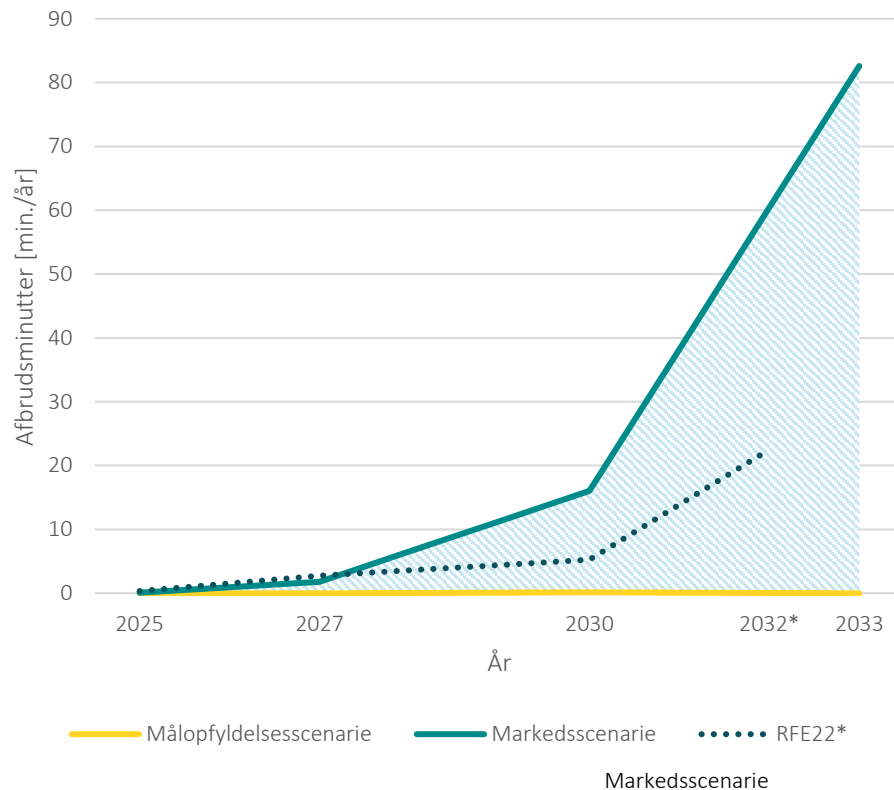


# EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

ENERGINET ANBEFALER ET PLANLÆGNINGSMÅL PÅ 5 MINUTTER  
RELATERET TIL EFFEKTILSTRÆKKELIGHED



## Afbrudsminutter i Danmark



Beregninger og resultater er nærmere beskrevet i bilag 2. Bemærk, at resultater fra mellemliggende år er ikke beregnet. \* Se bilag 2 afsnit 1.6 for metodiske forskelle mellem redegørelsen 2022 og 2023.

### HVAD ER MARKEDSSCENARIET?

Markedsscenariet repræsenterer et scenarie, hvor produktionskapaciteten i Europa er bestemt ud fra, hvad der er økonomisk rentabelt i day-ahead elmarkedet. Dette scenarie tager ikke højde for om de enkelte lande opfylder egne målsætninger mht. effekttilstrækkelighed.

### HVAD ER MÅLOPFYLDELSESSCENARIET?

Målopfyldesscenariet repræsenterer et scenarie, hvor Danmarks nabolande alle opfylder deres respektive målsætninger mht. effekttilstrækkelighed. Det betyder, at Danmarks nabolande antages at have installeret produktionskapacitet til at kunne håndtere egen effekttilstrækkelighed. Kapaciteten tilføjet i målopfyldesscenariet er dermed ikke udtryk for politisk besluttet kapacitet.

## STIGENDE RISIKO FOR AT MANGLE EFFEKT I FREMTIDEN

Risikoen for at opleve afbrud i det danske elsystem som følge af effektmangel forventes at stige de kommende år (se figuren til venstre) og risikoen vurderes højere end sidste år\*. Den stigende risiko skyldes i høj grad et fald i regulerbar kapacitet og øget forbrug - både i Danmarks og resten af Europa. Der forventes at blive behov for at iværksætte tiltag for at imødegå den stigende risiko. Behovet for tiltag er usikkert og afhænger i høj grad af udviklingen i det samlede europæiske system. 'Markedsscenariet', der er udgangspunktet for redegørelsens analyser, og som udtrykker et udfordret europæiske energisystem, viser, at der kan være behov for væsentlige mængder regulerbar kapacitet for at undgå afbrud af elforbrugere, hvis der ikke laves tiltag i Europa.

### Dansk effekttilstrækkelighed skal ses i et europæisk perspektiv

Et af de elementer, der er særlig stor usikkerhed omkring, og som har stor indflydelse på den danske effekttilstrækkelighed, er udviklingen i regulerbar forbrugs- og produktionskapacitet i både Danmark og specielt Danmarks nabolande.

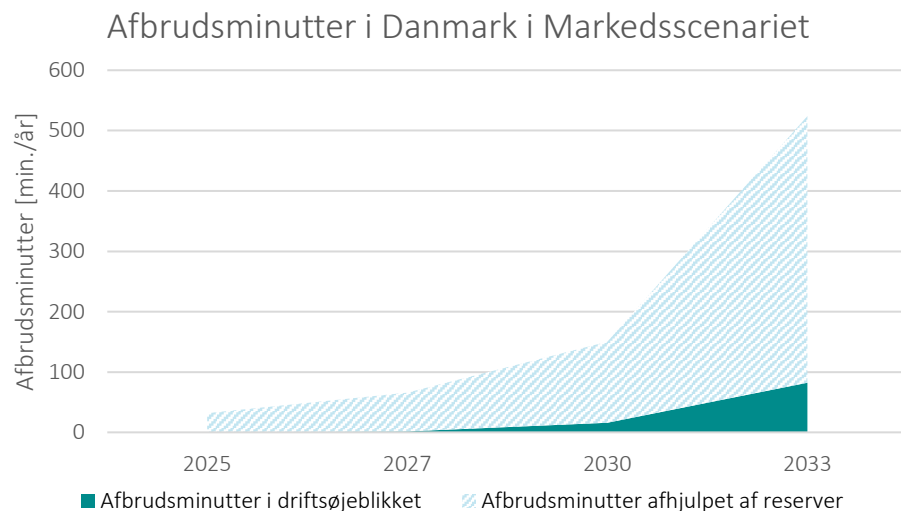
ENTSO-E's analyser i [ERAA 2022](#) peger på, at der i det europæiske elsystem ikke er incitament og sikkerhed for tilstrækkelig regulerbar forbrug og produktion til at opretholde effekttilstrækkeligheden i det nuværende day-ahead marked for el. Det konkluderes tilsvarende i Klimarådets analyse '[Sikker elforsyning med sol og vind](#)'.

Dog viser årets beregninger også – gennem Målopfyldesscenariet – at risikoen for at mangle effekt i Danmark reduceres til et minimum, hvis de omkringliggende europæiske lande sikrer deres egen nationale effekttilstrækkelighed (fx via regulerbar produktionskapacitet). Effekttilstrækkelighedsudfordringerne skal således ses i et grænseoverskridende og internationalt perspektiv.

### Vejrforhold har stor indflydelse på dansk og europæisk effekttilstrækkelighed

Den danske effekttilstrækkelighed forventes i stigende grad at blive særligt følsom over for specifikke vejrforhold, der skaber dårlige vilkår for elproduktion fra vedvarende energikilder som vind og sol. Resultaterne i redegørelsen udtrykker en gennemsnitsbetragtning på tværs af 35 forskellige historiske klimaaår, og dækker derfor en lang række forskellige vejrforhold, såsom perioder med fx forskellig grad af koldt og vindfattigt vejr til varmt og solrigt vejr. I nogle klimaaår kan udfordringerne med effekttilstrækkeligheden derfor også blive værre end gennemsnitsresultaterne vist her. Omvendt vil der i andre klimaaår være færre udfordringer med effekttilstrækkelighed. Se nærmere herom i bilag 2 afsnit 2.2.

## UDFORDRINGER I DAY-AHEAD MARKEDET OG I DRIFTSØJEBLIKKET



Udfaldsrummet er baseret på markedsscenariet for udviklingen i udlandet (se nærmere i bilag 2, afsnit 2.2).



### Day-ahead markedet

I day-ahead elmarkedet vil det ca. et døgn før driftsøjeblikket blive tydeliggjort, om der forventes tilstrækkelig elproduktion til at dække elforbruget hver time den kommende dag. Hvis det ikke er tilfældet, vil elprisen blive meget høj (fastlagt makspris i dag: 30 DKK/kWh) i disse timer. Effekttilstrækkelighed i day-ahead markedet leder ikke nødvendigvis til ufrivillig afkobling af elforbrugere.



### Driftsøjeblikket

Frem mod driftsøjeblikket vil der fortsat være en række håndtag og processer, som kan betyde, at elforbrugere ikke oplever afbrud i elforsyningen. Et af håndtagene er de balanceringsreserver, som Energinet indkøber hver time til at håndtere pludselige ubalancer mellem forbrug og produktion. Aktiveres balanceringsreserverne på grund af systemmæssig effekttilstrækkelighed, så kan de ikke også aktiveres ved ubalancer, fx pludselige fejlslagne vindprognoser.

### Reserver til balancering af elsystemet anvendes forud for afbrud af elforbrugere

Balanceringsreserver er kapacitet, der indkøbes for at kunne balancere forbrug og produktion i driftsøjeblikket fx ved pludselige udfald i elsystemet, eller hvis der ikke er så stor produktion fra vind og sol som forventet. Reservernes primære formål er ikke at understøtte effekttilstrækkelighed. Energinet vil dog aktivere disse reserver inden afkobling af elforbrugere i en presset effekttilstrækkelighedssituation. Reserverne kan kun anvendes én gang, og hvis de aktiveres for at opretholde effekttilstrækkeligheden, kan de ikke efterfølgende anvendes til balancering.

### Effektudfordringer kan observeres i day-ahead markedet

Energinets fremskrivning af afbrudsminutter i redegørelsen estimeres så tæt på driftstidspunktet som muligt – og efter anvendelse af balanceringsreserver. I situationer med en presset effektbalance vil det ofte afspejle sig i høje priser allerede i day-ahead markedet – og før anvendelse af balanceringsreserver.

Betragter man effekttilstrækkeligheden i day-ahead markedet, viser Energinets fremskrivninger, at der bliver flere og flere timer med makspriser, fordi der i markedet ikke er nok produktion til at dække efterspørgslen efter el.

Figuren til venstre viser også, at knapheden i markedet helt eller delvist kan afhjælpes ved at aktivere de danske balanceringsreserver frem til 2025. Men fra 2027 og frem øges udfordringernes størrelse til et niveau, hvor det ikke er nok at anvende balanceringsreserverne for at undgå kontrollerede afbrud af danske elforbrugere.

I tillæg til at kigge på afbrudsminutter kan man også kigge på antallet af timer med effektudfordringer også kendt som LOLE. I 2033 indikerer fremskrivningerne, at der vil være en LOLE på mere end 100 timer med makspriser i day-ahead markedet. Balanceringsreserverne forventes dog at bidrage til at reducere effektudfordringerne i driftsøjeblikket og antallet af timer, hvor Energinet i givet fald må ty til kontrollerede forbrugsafkoblinger, reduceres til en LOLE på ca. 40 timer.

### Indikatorer fortæller noget forskelligt om effekttilstrækkeligheden

Ved siden af antallet af afbrudsminutter, som er en indikator, der udelukkende anvendes i Danmark, så bruges i international sammenhæng primært disse to indikatorer:

- **LOLE** (Loss of Load Expectation): Antallet af timer berørt af elmangel i det berørte år. I ENTSO-E og en række europæiske lande er denne indikator den primære indikator og anvendes bl.a. andet til at angive planlægningsmål.
- **EENS** (Expected Energy Not Served): Mængden af elforbrug, som mangler i timen.

I bilag 2 findes nærmere forklaringer af forskellige indikatorer og resultaterne i Energinets analyser.

# MINDRE REGULERBAR PRODUKTION OG HØJERE ELFORBRUG

## Dansk tendens – Større kløft mellem ikke-fleksibelt elforbrug og regulerbar elproduktion

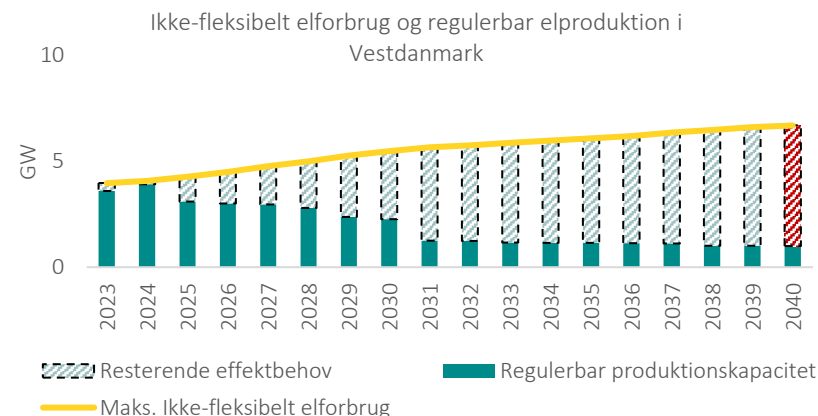
På trods af øget fleksibilitet fra elforbrug stiger forskellen mellem størrelsen af ikkefleksibelt elforbrug og regulerbar produktionskapacitet i Danmark. Dette gør sig særligt gældende i Vestdanmark, hvor den termiske produktionskapacitet i fx 2040 forventes at svare til ca. 15 pct. af det maksimale ikke-fleksible elforbrug (se figuren øverst til højre). For at undgå effekttilstrækkelighed skal det resterende effektbehov på 85 pct. af forbruget (ca. 6 GW markeret med rød i figuren øverst til højre) dækkes af vedvarende energikilder eller elimport. Hvis ikke det er muligt, kan det være nødvendigt at foretage kontrollerede forbrugsafkoblinger, hvilket årets effekttilstrækkelighedsberegninger også viser er nødvendigt (se figurer på side 9 og 10).

## Europæisk tendens – Nu samme udvikling som Danmark

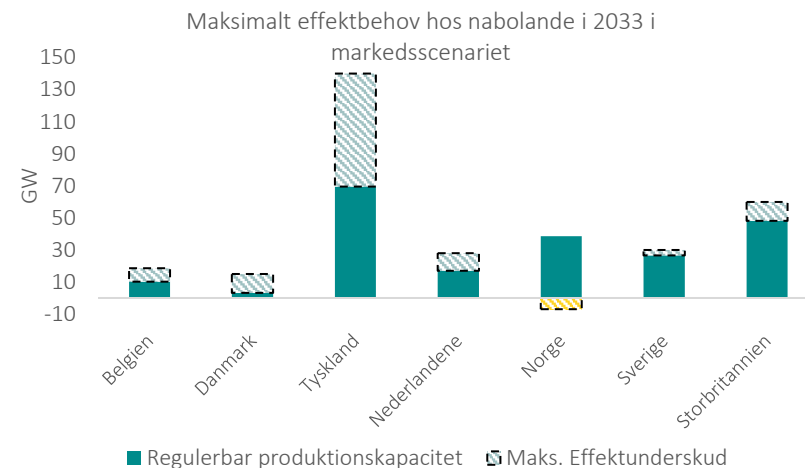
Flere og flere europæiske lande oplever nu samme udvikling i elsystemet som Danmark, hvor en større og større andel af elproduktionen baseres på fluktuerende vedvarende energikilder – primært sol og vind. Det presser økonomien i klassiske regulerbare kraftværker (fx kul- og gaskraftværker), som derfor tages ud af drift. Udfasningen af regulerbar produktionskapacitet accelereres i nogle lande også af politiske og klimamæssige årsager.

Samtidig ses ind i en øget elektrificering og deraf højere elforbrug. Dog kommer der nyt fleksibelt elforbrug til, og en del af det forbrug, som tidligere har været antaget som ikkefleksibelt, udviser efterhånden en grad af fleksibilitet (læs mere herom i afsnittet Elmarked).

Frem mod 2033 forventes næsten alle de lande, som Danmark er elektrisk forbundet til, at have behov for import, ny regulerbar produktion eller andre nye løsninger for at kunne dække deres maksimale beregnede effektunderskud i den nationalt mest udfordrende time i effekttilstrækkelighedsberegningerne. Norge er den eneste undtagelse, da de har et effektoverskud i selv den mest udfordrende time (se figuren nederst til højre). Det er værd at bemærke, at der typisk ikke er samtidighed mellem, hvornår disse perioder med maksimale effektunderskud optræder i de forskellige lande, og at landene derfor potentielt vil kunne hjælpe hinanden til en vis grad i de anstrengte perioder.



Maks. Ikke-fleksibelt elforbrug er elforbruget i den time, hvor det er størst på tværs af kategorier (se grøn boks for uddybning heraf).



Maks. effektunderskud er det største beregnede effektbehov på timeniveau i landet efter den regulerbare produktionskapacitet og tilgængelige vedvarende energiproduktion internt i landet er opbrugt.

## FLEKSIBELT OG IKKE-FLEKSIBELT ELFORBRUG – HVAD ER DET?

Energinets modelberegninger baseres på en række forudsætninger for elforbrug fordelt på forskellige forbrugstyper, herunder elforbrug i husholdninger, serviceerhverv, industri samt til transport, fjernvarme og PtX. I beregningerne antages al forbrug i udgangspunktet at følge faste ikkefleksible forbrugsmønstre undtaget el til fjernvarme og PtX, hvor forbrugets størrelse i hver time påvirkes direkte af elprisen. Energinet monitorerer løbende udviklingen i fleksibiliteten i elforbruget generelt (læs mere herom på side 16).



# 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 gode udlandsforbindelser, at regulerbar produktionskapacitet i højere grad kan deles mellem flere lande i de perioder, hvor de vedvarende energiressourcer er knappe.

Energinets analyser viser, at udlandsforbindelser generelt er et bærende element for den danske effekttilstrækkelighed. I hvor høj grad de danske udlandsforbindelser understøtter effekttilstrækkeligheden i den enkelte time afhænger af situationen i Europa. Er der overskydende energi i vores nabolande og i Europa generelt, bidrager forbindelserne i høj grad til den danske effekttilstrækkelighed, men er effekten knap i det europæiske system, så er billedet et andet.

Energinets analyser viser ligeledes, at det danske system ventes at være så godt forbundet til vores nærmeste nabolande i 2033, at nye udlandsforbindelser eller det at fjerne en enkelt forbindelse ikke i sig selv påvirker den danske effekttilstrækkelighed betydeligt (se nærmere herom i følsomhedsanalyserne i bilag 2).

## Øget fleksibilitet og regulerbar elkapacitet vil understøtte effekttilstrækkeligheden

Energinets analyser viser, at effekttilstrækkeligheden på langt sigt bedst forbedres med øget fleksibilitet i elforbruget og/eller mere regulerbar elproduktionskapacitet i enten Danmark, Danmarks nabolande eller generelt i Europa.

I Danmarks nabolande er der også opmærksomhed på de fremtidige effekttilstrækkeligheds- udfordringer. Fx anbefaler Energinets svenske pendant, Svenska Kraftnät, at der udvikles et kapacitetsmarked i Sverige, og det tyske økonomi- og klimaministerium vurderer, at der skal opstilles flere gas- og brintturbiner i Tyskland for at understøtte effekttilstrækkeligheden .

## Behov for dansk kapacitet er tæt koblet til europæiske løsninger

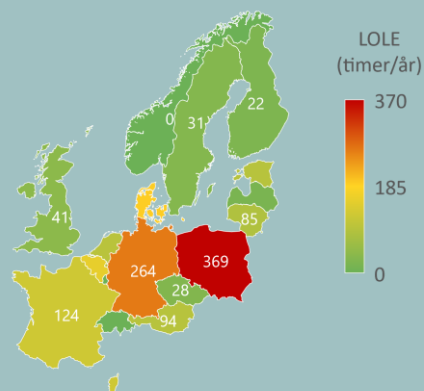
Som et relativt lille land i det europæiske elsystem påvirkes dansk effekttilstrækkelighed og fremskrivningerne heraf betydeligt af fremskrivningerne i vores nabolande. Energinets analyser viser, hvis de enkelte lande sikrer egen effekttilstrækkelighed, så løses udfordringerne i Danmark også, mens hvis det modsatte er tilfældet, så er der behov for nationale tiltag. (Jf. DEEP-DIVE nederst på siden).

Der er således brug for at betragte behovet for dansk kapacitet i et internationalt perspektiv og i tæt samarbejde med vores nabolande for bedst at understøtte en omkostningseffektiv sikring af effekttilstrækkeligheden på tværs af landegrænser.

## DEEP-DIVE: Behov for betydelig regulerbar kapacitet i Europa

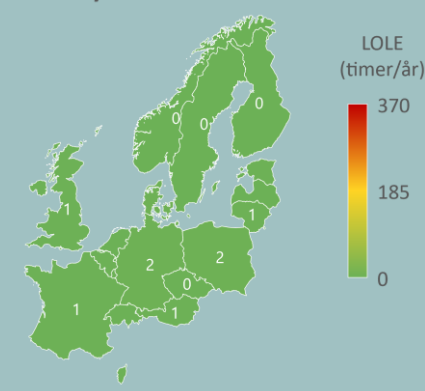
I Markedsscenariet (kortet til venstre) er risikoen for elmangel betydelig i day-ahead markedet. For at alle de europæiske effekttilstrækkeligheds- udfordringer kan reduceres til landenes respektive effekttilstrækkelighedsmål, så er en mulig løsning, at der opstilles ca. 80 GW mere regulerbar kapacitet på tværs af Europa end i Markedsscenariet i 2033. Denne kapacitet er således indført og fordelt i Målopfyldesscenariet i lande uden for Danmark med effekttilstrækkelighedsmål. Der er ikke indsat yderligere kapacitet i Danmark i de to scenarier, end hvad Analyseforudsætningerne 2022 foreskriver. Det ses tydeligt (kortet til højre), at hvis de andre europæiske lande opfylder deres målsætning, som i Målopfyldesscenariet, så reduceres de danske effekttilstrækkelighedsudfordringer til næsten nul.

Markedsscenariet  
day-ahead markedet – 2033



+ 80 GW  
regulerbar  
kapacitet i  
Europa

Målopfyldesscenariet  
day-ahead markedet – 2033



## SÆRLIGE VEJRFORHOLD KAN BETYDE EFFEKT MANGEL I EUROPA

Lav elproduktion fra vind og sol i Danmark giver forventeligt et stort hul, der skal lukkes, for at det danske elforbrug kan dækkes i fremtiden. Betydelig import fra udlandet vil ofte kunne sikre, at der ikke opstår elmangel i Danmark. Men er det vindstille og overskyet/mørkt i et større regionalt område omkring Danmark, vil flere af vores nabolande ligeledes mangle el på samme tidspunkt. Elmangel vil derfor kunne opstå i en række lande samtidigt. Risikoen for elmangel forøges yderligere i tilfælde af relativt højt elforbrug. Fx vurderes risikoen for elmangel højere i hverdage end i weekender eller helligdage, og tilsvarende vurderes risikoen højere om vinteren (når det er koldt og mørkt) end om sommeren (når det er varmt og lyst).

Eksempel på ekstrem uge i 2033



Baseret på markedsscenariet for Vestdanmark i uge 8 i februar 2033 i klimaår 1986. Figuren viser, hvordan elforbruget i løbet af ugen dækkes af hhv. import, regulerbar produktion og produktion fra vedvarende energikilder (VE) samt balanceringsreserver i de pressede timer, hvor efterspørgslen efter el ikke kan dækkes i day-ahead markedet. Når produktionen overstiger forbruget, eksporteres den til udlandet, mens der optræder elmangel, når produktion og import er lavere end elforbruget.

### MANDAG - TIRSDAG

**Vejret:** Delvist skyet vejr og let til frisk vind over Danmark.

**Elsystemet:** Vejret giver gode vilkår for elproduktion på solceller og vindmøller i Danmark. Strømmen bliver primært brugt indenlands til bl.a. brintproduktion i PtX-anlæg og varmepumper til fjernvarmeproduktion.

### ONSDAG - TORSDAG

**Vejret:** Klart, koldt og stille vejr både i Danmark og i Europa.

**Elsystemet:** Det klare vejr giver gode vilkår i dagtimerne for elproduktion på solceller. Stille vejr i aften- og nattetimerne giver effektknaphed i Europa og behov for aktivering af både reserver og rullende brown-outs i op til 17 sammenhængende timer.

### FREDAG - LØRDAG

**Vejret:** Klart og solrigt hele fredagen. Tiltagende vind fra fredag morgen frem til lørdag middag, hvor det stilner af.

**Elsystemet:** Nattens effektknaphed erstattes af rigelig elproduktion fra VE-anlæg til at dække det danske elforbrug og eksport fra fredag morgen til lørdag middag, hvorefter import er nødvendig og tilgængelig.

### SØNDAG

**Vejret:** Klart, solrigt og vindstille vejr i løbet af søndagen. Uden for Danmarks grænser blæser en let til frisk vind.

**Elsystemet:** Stort indenlandsk effektunderskud i nattetimerne som følge af det stille vejr, som kan dækkes af import muliggjort af gode elforbindelser og overordnet overskud af effekt i systemet om søndagen.

# VIGTIGE HÅNDTAG, HVIS EN FORSYNINGSKRISE OPSTÅR

Elproduktion og elforbrug matches hver dag i elmarkedet. Hvis udbuddet er lavt og efterspørgslen stor, så stiger priserne som i andre markeder. Energinets indkøb af reserver sikrer kapacitet til backup og balancering af elsystemet.

Hvis der trods balanceringsreserver, og hvis alle andre muligheder er udtømte, fx særaftaler med nabolande, alligevel er risiko for en forsyningskrise, så igangsættes en procedure for kontrolleret forbrugsafkobling.

## Reserver kan kun bruges én gang

Balanceringsreserverne aFRR og mFRR kan anvendes til at løse ubalancen mellem produktion og forbrug. Det betyder, at man i timer med manglende produktion kan aktivere reserver, før man eventuelt igangsætter en forbrugsafkobling.

Energinets aFRR- og mFRR-reserver indkøbes med det formål, at systemet skal kunne udjævne ubalancer og modstå udfald af største enhed (såkaldte N-1 hændelser). Men reserver kan kun anvendes en gang. Det betyder, hvis reserverne aktiveres til at løse situationer med manglende effekttilstrækkelighed, så er de ikke til rådighed, hvis der opstår pludselige udfald eller fejl og lignende.

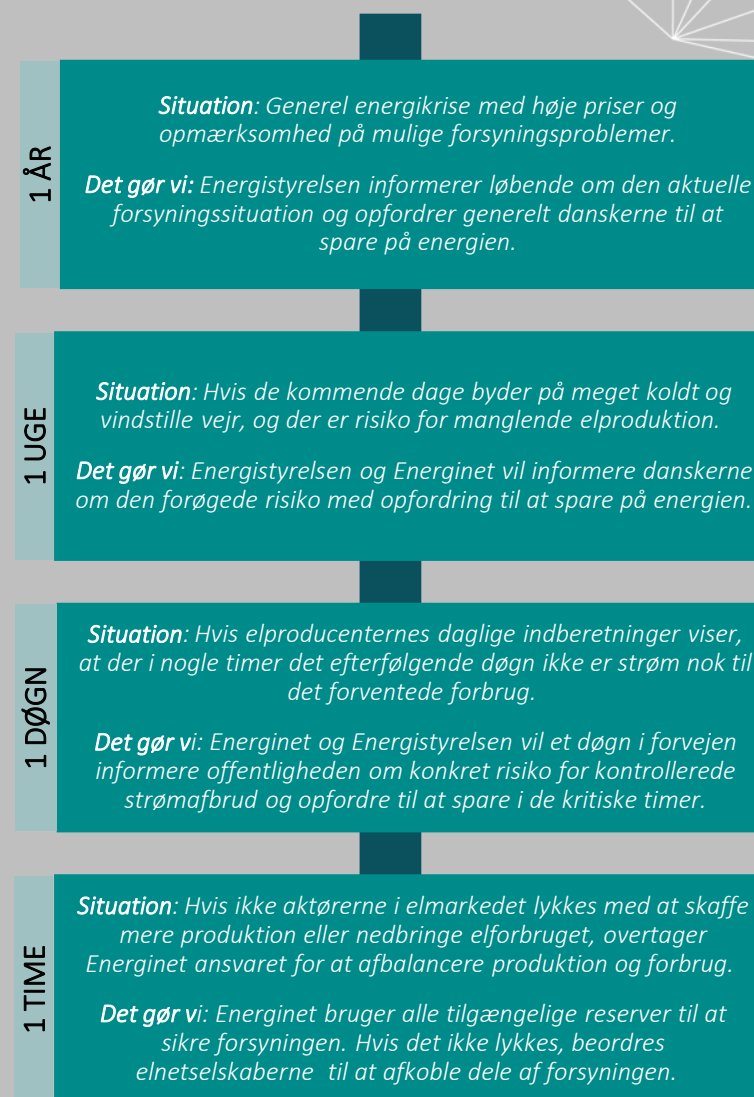
Derfor går man principielt på kompromis med N-1 sikkerheden i systemet, hvis reserver anvendes til at løse effekttilstrækkelighedsudfordringer. Hændelser med udfald, fejl eller kortslutninger vil efterfølgende skulle håndteres ved hjælp af forbrugsafkoblinger, hvis reserverne er udtømte.

## 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 sådanne planer liggende klar.
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







## ELMARKED OG EFFEKTILSTRÆKKELIGHED

# ELEKTRIFICERING AF SAMFUNDET OG ØGET FORBRUGSFLEKSIBILITET

Energipriserne har været høje og haft stor variation over døgnet under energikrisen, som begyndte i 2022. Energinet har i denne periode observeret tendenser i forbrugsmønstret, som indikerer større fleksibilitet både i forhold til at reducere forbruget generelt, men også i forhold til at flytte forbruget inden for et døgn. Denne reaktion kan iagttages samtidig med en generel tendens i retning af højere elforbrug.

## Reduktion af dansk elforbrug

I 2022 faldt det samlede elforbrug med 3,2 pct. sammenlignet med forbruget i 2021, og tendensen ser ud til at fortsætte i 2023. Særligt det private elforbrug er faldet, mens erhvervslivets elforbrug er uændret. Det faldende elforbrug forventes relateret til de høje elpriser, som har givet en stor tilskyndelse til at spare på strømmen. Faldet i elforbruget skal samtidig ses i lyset af et generelt stigende elforbrug, i takt med at samfundet elektrificeres.

## Større andel af dansk elforbrug foregår om natten

Ud over et generelt lavere elforbrug i 2022 ses også et ændret forbrugsmønster i det private elforbrug. En større andel af elforbruget sker nu om natten, mens andelen af elforbruget i dagtimerne, herunder i kogespidsen, er faldet.

Ændringen kan formentlig tilskrives de høje elpriser og de store variationer i elprisen inden for døgnet samt den øgede opmærksomhed, der har været på priserne i kølvandet på energikrisen. Det har derfor været økonomisk fordelagtigt at flytte en del af elforbruget.

## Forbrugsfleksibilitet ved høje priser

Udviklingen i 2022-2023 indikerer, at der i det private forbrug er et vist niveau af forbrugsfleksibilitet inden for døgnet, når prisen er kendt og tilpas høj. Dette mønster er ikke set tidligere og kan indikere, at i tider med høje elpriser og presset elforsyning kan der forventes en reaktion fra elforbrugerne, som kan bidrage til at afhjælpe situationer med effektudfordring.

## Lav forbrugsfleksibilitet i engrosmarkedet

Forbrugsfleksibilitet kan anskues på flere måder og tidspunkter. En anden tilgang er efterspørgselskurvens elasticitet. Denne udtrykker i princippet, i hvilket omfang forbruget kan forventes at ændre sig i engrosmarkedet, når prisen ændrer sig. Via børssdata har Energinet estimeret denne elasticitet til at være lav. Dette er ikke i sig selv overraskende, idet en stor del af det klassiske elforbrug er ufleksibelt. Fremadrettet kan nyt elforbrug forventes at være mere fleksibelt, og Energinet vil følge med i den udvikling. Analysen af elasticiteten er uddybet i bilag 2.

## CASESTUDIE:

### MAKSIMUMSPRIS I BALTIKUM FIK ELFORBRUGET TIL AT FALDE

Onsdag den 17. august 2022 ramte prisen i de tre baltiske lande maksprisen i day-ahead markedet på 4.000 EUR pr. MWh i en enkelt time fra kl. 17 til kl. 18. I de tilstødende timer var prisen væsentligt lavere på ca. 750 EUR pr. MWh.

Maksimumsprisen blev udløst, da der ikke kunne skabes ligevægt mellem efterspørgsel og produktion i day-ahead markedet. Samlet oversteg efterspørgslen produktionen med ca. 50 MW.

I sidste ende viste det sig dog, at forbruget lå ca. 3,5 pct. (svarende til 111 MW) lavere end efterspørgslen i day-ahead markedet, hvorved der gennem et frivilligt lavere elforbrug blev opnået balance mellem efterspørgsel og produktion.

Eksemplet viser, at der i situationer med meget høj elpris og mangel på produktion til at dække elforbruget kan være en væsentlig forbrugsfleksibilitet til stede, som kan afhjælpe effektproblemet.

Da prisen alene var meget høj i én time, kan det ikke ud fra eksemplet konkluderes, hvor langvarig en sådan fleksibilitet kan være.

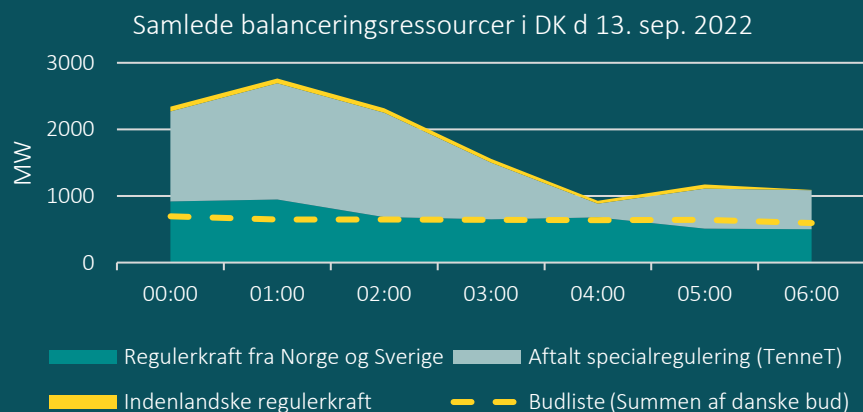
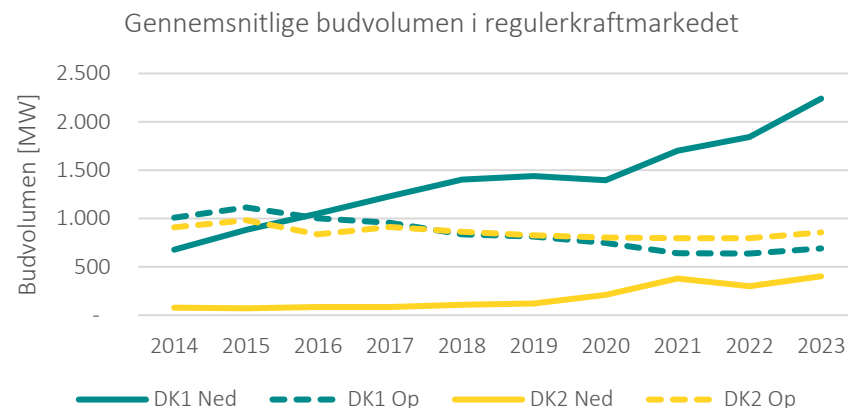


# BEHOV FOR NYE OG FLERE RESERVER SAMT MERE SAMARBEJDE OM DELING AF RESERVER I NORDEN OG EUROPA

## Der er behov for nye og flere reserver samt andre systemydelser

Den tilgængelige reservekapacitet kan have direkte betydning som balanceringsressource i effektsituationer. Den gennemsnitlige budvolumen i regulerkraftmarkedet er en indikator på, hvor meget markedsbaseret fleksibilitet i form af reservekapacitet, der er til rådighed i realtid. Det ses i figuren til højre, at opregulering i prisområderne DK1 og DK2 har været nogenlunde konstante de seneste par år. Derimod er nedregulering i DK1 stærkt stigende, hvilket også i mindre grad ses i DK2. Den gennemsnitlige budvolumen viser ikke noget om rådigheden over reserver de enkelte timer med effektudfordringer, men giver en indikation af størrelsen af fleksible ressourcer. Fremtidens behov for systemydelser er nærmere beskrevet i *Scenarierapporten 2022-2032*, som findes på Energinets hjemmeside.

Reserverne kan deles mellem prisområder i tilfælde af ubalancer. Jo større en tilgængelig kapacitet, der er i regulerkraftmarkedet, jo nemmere bliver det at håndtere ubalancer lokalt og samtidig også dele reserver med udlandet for at afhjælpe ubalancer i det europæiske system. De fælles markeder og samarbejde i Norden og Europa forventes at få større betydning i fremtiden.



## DEEP-DIVE CASE

Den 13. september 2022 opstod en af de største ubalancer nogensinde, da en forventet vindfront omkring midnat aldrig kom til det danske område. Dette skabte en ubalance på ca. 1.800 MW.

På figuren til venstre ses ressourcerne i det indenlandske regulerkraftmarked samt regulerkraft fra Norge og Sverige og specialregulering den 13. september 2022. Specialregulering er en nedregulering af elforbrug eller elproduktion. Figuren illustrerer, hvordan ubalancerne blev reguleret i timerne med højest ubalance. Den grønne markering er regulerkraftbud fra Norden, den blå markering viser aftalt specialregulering med TenneT og den tynde gule markering er indenlandske regulerkraftbud. Hvis Kontrolcentret havde tømt budlisten i de pågældende timer, havde det været muligt at dække op til den stiplede linje. Med denne eksemplificering bliver afhængigheden til vores naboer tydelig.

Der forventes større og hyppigere ubalancer i et elsystem med større og fluktuerende VE-produktion og dermed et behov for nye og flere systemydelser og reserver.



## KAPACITETSMEKANISMER I NABOLANDE

### Sverige



Sverige har haft en strategisk reserve (på svensk "effektreserv") siden 2003. Den nuværende mekanisme på 560 MW udløber i 2025, men Svenska kraftnät vurderer et fortsat behov for en kapacitetsmekanisme efter 2025. Svenska kraftnät anbefaler udvikling af et egentligt kapacitetsmarked. Prisen for den fungerede strategiske reserve har de senere år været 70-90 mio. SVK om året. (Ca. 45-60 mio. DKK med kurs medio juni 2023).

### Tyskland



I Tyskland har en strategisk reserve kunnet levere til elsystemet siden 2020. Bemærk, at Tyskland ud over den strategiske reserve har flere kapacitetsreserver med specifikke formål. Det tyske økonomi- og klimaministerium vurderer, at flere gas- og brintturbiner skal understøtte effekttilstrækkeligheden i Tyskland på sigt. Indtil videre er det planlagt at udbyde 10 GW regulerbar gas- og brintbaseret kapacitet i 2026.

### Storbritannien



I Storbritannien har et egentligt kapacitetsmarked leveret fleksibilitet til elsystemet siden 2018. Auktionspriserne har varieret fra ca. 10 til 60 pund pr. KW pr. år. (ca. 90-520 DKK/kW med kurs medio juni 2023). På grund af Brexit skal kapacitetsmarkedet i Storbritannien ikke længere efterleve EU-reguleringens krav til kapacitetsmekanismer.

## ENERGINET PÅBEGYNDER ANALYSEARBEJDE OM EN KAPACITETSMEKANISME

Et muligt tiltag til håndtering af den stigende risiko for effektmangel er en kapacitetsmekanisme.

Energinet iværksætter i samarbejde med Energistyrelsen i år en analyse af forudsætninger og muligheder for potentielt at etablere en kapacitetsmekanisme i Danmark. Analysen vil belyse fordele og ulemper ved forskellige varianter af kapacitetsmekanismer under hensyntagen til påvirkning af de øvrige markeder. Analysen bygger videre på tidligere arbejde, som Energinet foretog omkring 2019 primært relateret til en strategisk reserve. Dengang blev der ikke vurderet et "her-og-nu"-behov for at gå videre med et konkret tiltag om en strategisk reserve.

### En række EU-krav skal efterleves

En kapacitetsmekanisme skal statsstøtte-godkendes af Europa-Kommissionen. Der er en række krav i EU-reguleringen (EU regulation 2019/943 artikel 20-27) til kapacitetsmekanismer og vurderinger af behovet herfor. Det gælder designkrav, krav til effekttilstrækkelighedsvurderinger samt et krav om et effekttilstrækkelighedsmål for indikatoren LOLE.

### Behov for effekttilstrækkelighedsmål for indikatoren LOLE

Energinet anbefaler, at der de kommende år sættes et dansk LOLE-mål. Dette vil medvirke til at forberede efterlevelse af EU-kravene for en eventuel statsstøtteansøgning om kapacitetsmekanisme.

## HVAD ER EN KAPACITETSMEKANISME?

Formålet med en kapacitetsmekanisme er at understøtte effekttilstrækkeligheden via målrettede betalinger til elproduktionskapacitet eller variabelt elforbrug uden om de eksisterende elmarkeder. Dette skal sikre fleksibilitet, når det er nødvendigt for at undgå afbrud af elforbrugere. Overordnet inddeles kapacitetsmekanismer i to typer:

- 1) Strategisk reserve og
- 2) Kapacitetsmarked, hvor særligt den sidste kan have en række forskellige karakteristika, afhængigt af design.

# MARKEDSTILTAG TIL UNDERSTØTTELSE AF ELFORSYNINGSSIKKERHEDEM

På side 6 er der fremhævet udvalgte tiltag, som Energinet og netvirksomhederne arbejder med for at sikre forsyningssikkerheden. Listen herunder supplerer og uddyber disse tiltag med en række konkrete markedstiltag, som Energinet har implementeret eller aktuelt arbejder på. Energinets arbejde med en kapacitetsmekanisme er beskrevet på side 18 og fremgår ikke af listen herunder.

	Kommunikation og transparens	Markedsløsning for FRR-kapacitet	Publicering af ubalancer i realtid	Ny nordisk dimensioneringsmetode	Uafhængig aggregator	Alarm til forbrugere om knaphed
<b>Beskrivelse:</b>	Energinet øger kommunikation om fremtidige udfordringer	Finde lokale kapacitetsløsninger i og på tværs af områder	Oplysning om ubalance og reservemængder på Energidataservice og på kortet "Elsystemet lige nu"	Intelligent og dynamisk dimensionering af FRR-reserver (aFRR og mFRR) på timeniveau	Ny aggregatortype med pulje af fleksible enheder	Informere elforbrugere om knaphed og høje elpriser gennem medier og push-meddelelser
<b>Formål:</b>	Understøtte mere fleksibel adfærd og skabe flere balanceringsressourcer	Undersøge markedsløsninger til understøttelse af lokal kapacitet i sammenhæng med nordiske kapacitetsmarkeder	Information til aktører i markedet med henblik på balancerings og aktivering af ressourcer	Sikre de rette mængder reserver til de forskellige formål og håndtering af ubalancer samtidig med sikring af N-1	Fjerne barriere i balancemarkeder for små og fleksible enheder	At opnå respons fra elforbrugere med henblik på at bidrage til afhjælpning af knaphedssituationer
<b>Effekt:</b>	Langsigtet	Langsigtet	Stor	Stor, men indirekte. Øger FRR-indkøbet og fastholder kapacitet	Stor ift. forbrugsfleksibilitet	Ukendt, men formodes at have en vis effekt
<b>Implementering:</b>	Indført og kontinuerlig	Indført og kontinuerlig	Igangværende	Igangværende	Igangværende	Muligt tiltag



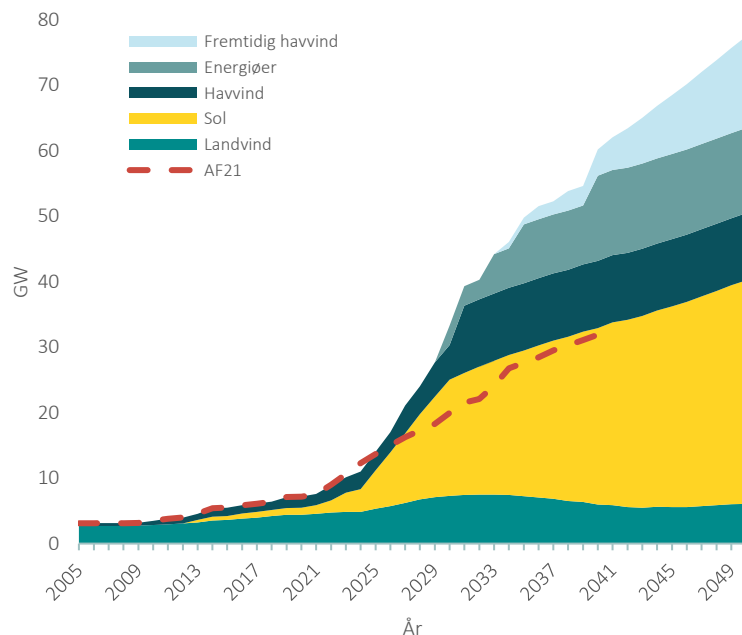


# NETTILSTRÆKKELIGHED

ENERGINET ANBEFALER ET PLANLÆGNINGSMÅL PÅ **1** MINUT  
RELATERET TIL NETTILSTRÆKKELIGHED



Historisk og forventet fremtidig udvikling i vind- og solproduktionskapaciteter i Danmark frem mod 2050



Den forventede udvikling fra 2023 og frem er baseret på Energistyrelsens analyseforudsætninger til Energinet 2022 (AF2022). Den totale udvikling ét år tidligere – baseret på AF2021 – fremgår af den stiplede linje.

## ET STÆRKERE ELNET I HØJT TEMPO ER EN FORUDSÆTNING FOR HØJ FORSYNINGSSIKKERHED

### Infrastruktur i et højt tempo

Energikrisen og de politiske aftaler de seneste år har fremrykket den forventede udbygning med sol og vind i det danske elsystem. Forventningen til udbygningen med vedvarende energi i 2030 svarer i dag til det forventede niveau i 2040 for bare et par år siden. Tilsvarende billede fås ved at betragte den forventede udvikling for elforbruget.

Det betyder, at en væsentligt større mængde grøn energi skal tilsluttes og transporteres i det danske energisystem frem mod 2030 end forventet for bare få år siden. Og for at opretholde nettilstrækkeligheden er der behov for, at reinvesteringer og udbygninger af elnettet samt tilslutninger af ny produktion og forbrug sker i et højt tempo. Energinets strategi *Energi til Tiden* uddyber dette.

Samtidig med at der udbygges, netforstærkes og reinvesteres, skal elforsyningssikkerheden opretholdes. Det er kompliceret at reinvestere og udbygge et system, som er i drift samtidig med at forsyningssikkerheden opretholdes. Det understreger vigtigheden af et højt fokus på nettilstrækkelighed.

Energinet og Green Power Danmarks udgivelse *Net til Tiden* beskriver 7 initiativer, som kan være med til at skabe samspil med netkunder og myndigheder for herved at opnå en bedre servicering af de individuelle behov og den nødvendige hastighed i tilslutningen til elnettet. Udgivelsen *Net til Tiden* findes på Energinets hjemmeside.

Som et led i at reducere behovet for at udbygge elnettet har Energinet nu mulighed for at tilbyde differentieret netadgang. Dermed får de allerstørste elforbrugere, der er tilsluttet eltransmissionsnettet mulighed for at betale mindre i tariffbetaling for at få strømmen transporteret frem til fx deres varmeværk, brintfabrik eller lignende, mod at de slækker på kravene til sikkerhed for elektricitet i stikkontakterne

### Milliardbeløb skal investeres i elnettet de kommende år

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.

Energinet er lige nu i gang med at udbygge og forstærke det danske eltransmissionsnet med 3.300 km nedgravede kabler eller luftledninger, og yderligere projekter kan potentielt følge efter. Energinet forventer fra 2023 til 2026 at investere mere end 41 mia. DKK i eltransmissionsnettet.

Netvirksomhederne forventer frem mod 2030 at investeres 7 mia. kr. i gennemsnit årligt i distributionsnettene. En uddybning findes i Green Power Danmarks udgivelse *Elnet til meget mere*.

## BETYDELIGT MERE ENERGI SKAL TRANSPORTERES I ELNETTET INDEN FOR FÅ ÅR

De politiske ambitioner og aftaler de seneste år har accelereret den forventede hastighed, hvormed omstillingen af energisystemerne i Danmark skal gennemføres. Det illustreres fx af den forventede udvikling i elproduktionskapacitet fra vind og sol i Energistyrelsens analyseforudsætninger til Energinet i henholdsvis 2021 (AF2021) og 2022 (AF2022). Se figuren herover.

## NØDVENDIGE OG AFGØRENDE REINVESTERINGER I ELNETTET

Elnettets driftsmæssige tilstand forringes i takt med, at det ældes. Det betyder en større risiko for fejl på komponenter og anlæg i elnettet, hvis der ikke foretages rettidige reinvesteringer. Det gælder for både eltransmissionsnettet og i eldistributionsnettene, hvor betydelige dele af elnettet er ved at have udlevet den forventede tekniske levetid.

Et vigtigt tiltag til at imødegå en forringelse af elforsyningssikkerheden i relation til nettilstrækkelighed er derfor reinvesteringer.

Energinet forventer fra 2023 til 2026 at reinvestere for mere end 7 mia. DKK i eltransmissionsnettet. Derudover forventes et tilsvarende beløb anvendt til en kombination af re- og nyinvesteringer, herunder forskønnelsesprojekter og kabellægninger som følge af den politiske PSO-aftale. Reinvesteringsprogrammet er beskrevet i *Energinets Langsigtede Udviklingsplan 2022*, som kan findes på Energinets hjemmeside.

Netvirksomhederne forventer i perioden 2024-2030 at reinvestere 19 mia. kr. i distributionsnettene. En uddybning findes i Green Power Danmarks udgivelse *Elnet til meget mere*.

### Reinvesteringer sker ikke kun af hensyn til elforsyningssikkerheden

Reinvesteringerne sker ikke kun af hensyn til elforsyningssikkerheden, men er også væsentlige i forhold til personsikkerhed, miljøpåvirkning og muligheden for at indpasse den stigende mængde vedvarende energi i elsystemet. Et reduceret reinvesteringsniveau her og nu vil også kunne give et utilsigtet investerings efterslæb på langt sigt.

Det anbefales derfor at fastholde reinvesteringsniveauet i elnettet.

### Det er vanskeligt at kvantificere effekten af manglende reinvesteringer

Energinet har foretaget en grov overordnet vurdering af risikoen for afbrud af elforbrugere, hvis ikke der gennemføres de nødvendige reinvesteringer i eltransmissionsnettet. I stedet for reinvesteringer antages netkomponenter med opbrugt teknisk levetid at blive taget permanent ud af drift. Resultaterne indikerer, at afbrudsminutterne, som følge af manglende reinvesteringer og manglende nettilstrækkelighed i eltransmissionsnettet, mangedobles frem mod 2030.



## ENERGINETS RISIKOVILLIGHED

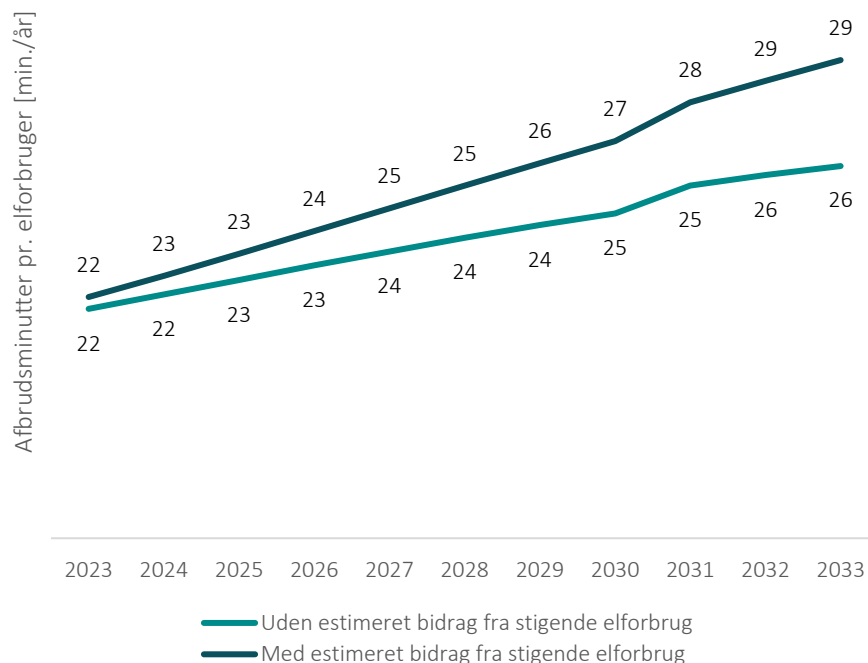
Energinet arbejder aktivt med risikostyring i forbindelse med drift af eltransmissionsnettet. Energinets risikovillighed er et udtryk for, om omkostninger til sikring af elforsyningssikkerheden står mål med de samfundsmæssige gevinster ved at opretholde elforsyningen.

I forbindelse med planlagte og nødvendige udetider i eltransmissionsnettet, fx i forbindelse med reinvesteringer, vurderer Energinet den konkrete betydning for elforsyningssikkerheden. Energinet afsøger, om der findes afhjælpende tiltag, og vurderer, om tiltagenes omkostninger står mål med den samfundsøkonomiske gevinst. Hvis det er tilfældet, gennemfører Energinet tiltaget. Den samfundsøkonomiske gevinst estimeres bl.a. ved brug af Energistyrelsens estimerede omkostning ved elafbrud (Value of Lost Load, VOLL). De afhjælpende tiltag er således en "forsikring", som skal betales forud for udetiden.

Energinet vurderer, om effekten af de afhjælpende tiltag sikrer, at konsekvensens omfang ligger inden for Energinets risikovillighed, som er givet ved 1 afbrudsminut i planlægningsmålet relateret til nettilstrækkelighed i eltransmissionsnettet.

Energinet planlægger ud fra ét afbrudsminut pr. år på grund af manglende nettilstrækkelighed.

## 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 GIVER FLERE AFBRUD I ELDISTRIBUTIONSNETTENE

Netvirksomhederne forventer en stigning i antallet af afbrudsminutter frem mod 2033. Afbrud på distributionsniveau er generelt karakteriseret ved flere afbud med lavere konsekvens end afbrud på transmissionsniveau. Det sker som følge af en stigende risiko for fejl på grund af eldistributionsnettenes alder. Desuden betyder en øget elektrificering og heraf øget elforbrug større belastning af elnettet og øget aktivitetsbehov for at sikre de nødvendige investeringer til understøttelse af elektrificeringen. Disse forhold og det stigende elforbrug forventes også at øge antallet af afbrudsminutter i eldistributionsnettene.

Der forventes på landsplan 26 afbrudsminutter i 2033 gennemsnitligt pr. elforbruger henført til eldistributionsnettene. Tages den øgede belastning med øget elforbrug i betragtning, forventes 29 afbrudsminutter gennemsnitligt pr. elforbruger. (Jf. den mørkeste linje i figuren). Begge tal inkluderer et forventet bidrag fra den øgede investeringsaktivitet i eldistributionsnettene. Bemærk, tallene er behæftet med usikkerhed, især i forhold til effekten af øget aktivitetsniveau og øget belastning i eldistributionsnettene.

### Fjernbetjente og fjernovervågede netstationer kan reducere afbrudsvarigheden

Et tiltag, som netvirksomhederne allerede benytter i dag, er investeringer i fjernbetjente og fjernovervågede netstationer. Sådanne stationer kan sikre hurtig omlægning i eldistributionsnettene via fjernbetjening fra et kontrolrum. Fjernbetjente netstationer vurderes potentielt at kunne reducere den gennemsnitlige afbrudsvarighed for visse typer af afbrud med op mod 40-60 pct.

Tiltaget påvirker dog kun varigheden af afbrud og ikke antallet af afbrud.

Det vurderes i dag, at der er installeret fjernbetjente netstationer i mere end 25 pct. af 10-20 kV-eldistributionsnettene i Danmark. En del af potentialet er derfor allerede udnyttet.

I 2033 vurderes det samlede antal afbrudsminutter fra distributionsnettet at kunne reduceres med ca. ét minut ved at udnytte det fulde potentiale for fjernbetjente og fjernovervågede netstationer.





## ROBUSTHED

ENERGINET ANBEFALER ET PLANLÆGNINGSMÅL PÅ 1 MINUTTER  
RELATERET TIL ROBUSTHED



# ROBUSTHEDEN UDFORDRES AF UDVIKLINGEN I ELSYSTEMET

Det er afgørende vigtigt 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, egenskaber ved netkomponenter i elsystemet og udlandsforbindelser.

## Færre kraftværker og øget kompleksitet

En række hurtigt udviklende tendenser i elsystemet betyder dog, at systemstabiliteten udfordres væsentligt fremadrettet. Frekvensstabilitet og systemstyrke er de primære udfordringer i forhold til at håndtere systemstabiliteten i fremtidens grønne elsystem. Udfordringen er ikke isoleret til Danmark, men er i høj grad også et tema i andre lande.

I dagens elsystem bidrager de klassiske kraftværker til systemstabiliteten via deres naturlige egenskaber. Nye produktions- og forbrugsanlæg, bl.a. solceller, vindmøller, PtX-anlæg og datacentre tilsluttes elsystemet gennem effektelektronik. Her er det anlægsspecifik software, som bestemmer, hvordan anlæggets opfører sig og dermed interagerer med elsystemet. Det gør forudsigeligheden af systemstabiliteten meget mere kompleks i fremtidens elsystem.

## Kaskadeudkoblinger og blackouts i værste fald

Håndteres emnet ikke tilstrækkeligt og rettidigt vil antallet af kritiske og tilmed alvorlige systemhændelser stige betydeligt. Det må forventes, at antallet af utilsigtet anlægsudkobling og dermed tab af produktionskapacitet vil stige, hvis de nye konverterbaserede anlæg ikke integreres gennem nye robuste processer, der skal sikre, at de nye komplekse anlæg opfører sig som forventet ved hændelser. Lykkes dette ikke, vil det være nødvendigt med en væsentlig reduceret produktions- og handelskapacitet i længere perioder indtil de komplekse udfordringer er løst – dette tager typisk flere år og vil fordyre den grønne omstilling.

## HVAD ER FREKVENSSSTABILITET?

Elsystemets evne til kontinuerligt at sikre en stabil frekvens på omkring 50 Hz. Ved for store udsving i frekvensen fra fejl eller forstyrrelser i elsystemet øges risikoen for kaskadeudkoblinger.

## HVAD ER SYSTEMSTYRKE?

Omfanget af spændingsændringer i tilfælde af fejl eller forstyrrelse i elsystemet. Ved lav systemstyrke vil driftshændelsers påvirkning være større og forplante sig til flere anlæg i elsystemet.



## 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

### 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 vindproduktion 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, indtil elsystemet er forstærket i området, hvilket forventes at være færdiggjort i 2028.

### 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 konverter-tilsluttet og var ikke forventet at udkoble. Frekvensen faldt i begge tilfælde, og reserver blev aktiveret for at sikre elsystemet. North American Electric Reliability Corporation (NETC) anbefaler, at konverterbaserede anlægs evne til at overleve fejl skal forbedres, og at anlægsintegrationsprocessen, herunder anlægsperformancevalidering, skal udføres efter nye forbedrede metoder inklusive anvendelsen af mere avancerede simuleringsmodeller.

# BEHOV FOR VÆSENTLIGE INVESTERINGER FOR AT SIKRE SYSTEMSTABILITETEN

Energinet har igangsat en række initiativer, som skal understøtte en fortsat høj systemstabilitet i fremtidens elsystem. 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, dels i det kollektive elsystem. Boksene nedenfor beskriver nogle af de tiltag, der vil understøtte en fortsat høj systemstabilitet i fremtidens elsystem.



## STØTTENDE ANLÆG OG KOMPONENTER

Der kan i områder af det danske elsystem blive behov for at investere i yderligere støttende anlæg. Det kræver nærmere analyser at vurdere, om sådanne anlæg er mest omkostningseffektivt placeres i det kollektive elsystem og/eller som en del af aktøreljede produktions- og forbrugsanlæg. En synkronkompensator placeret i eltransmissionssystemet vurderes at koste ca. 400-600 mio. DKK.

Grid-forming teknologien kan i fremtiden bidrage positivt til opretholdelse af systemstabiliteten i fremtidens elsystem. Vurderinger og implementering af grid-forming teknologi er derfor fokus i et Energinet-drevet projekt.



## KONTROL- OG BESKYTTELSESFUNKTIONER

Der kan være behov for at udvikle nye kontrol- og beskyttelsesfunktioner på elsystemets produktions- og forbrugsanlæg.

I relation hertil kan det være nødvendigt at tilpasse nettilslutnings- og driftskravene til nye produktions- og forbrugsanlæg, så de tekniske funktionskrav tager tilstrækkeligt hensyn til fremtidens elsystem.

Endelig er det nødvendigt at skabe rammerne for, at alle lovende teknologier kan udvikles rettidigt, så de kan anvendes som løsningselement i sikringen af stabiliteten i elsystemet.



## SAMARBEJDE OG KOMPETENCER

Energinet kan ikke på egen hånd sikre systemstabiliteten rettidigt og omkostningseffektivt. Det kræver et tæt samarbejde med både andre systemoperatører, anlægsudviklere og forskningsmiljøet. Energinet deltager fx i projektet InterOPERA, som vurderes væsentligt for effektiv indpasning af enorme mængder havvind i EU fx via energier.

Det forventes, at en sikker og pålidelig integration af elsystemets nye komplekse anlæg kræver nye kompetencer og bliver mere tidskrævende både for anlægsudvikler og systemoperatør.





## IT-SIKKERHED

ENERGINET ANBEFALER ET PLANLÆGNINGSMÅL PÅ 0 MINUTTER  
RELATERET TIL IT-SIKKERHED



# FOKUS PÅ IT-SIKKERHED

Danmark og særligt dansk kritisk infrastruktur står over for nye og omskiftelige udfordringer, særligt i forhold til IT-sikkerhed. Især har den ændrede geopolitiske situation i Europa det seneste halvandet år accelereret og forstærket opmærksomheden på nye trusselsvurderinger og forskellige typer af cybertrusler. Emnet er blevet dagligdag i medierne, hvilket medfører et øget fokus både fra befolkningen og politikerne. Dette trusselsbillede gør sig gældende både på distributions- og transmissionsniveau.

I Energinet er vi bevidste om vores ansvar over for samfundet og befolkningen. Energinet arbejder målrettet på at opbygge kapacitet og modstandsdygtighed i vores netværk samt vores beredskaber, så vi fortsat kan sikre, at danskerne altid har stabil adgang til elektricitet.

Truslen, samfundet forholder sig til, udspringer fra et dynamisk trusselsbillede og medieomtalen, men den trussel, der relaterer sig målrettet til forsyningssikkerheden, er en konstant, der har været høj i årevis. Vi forholder os til, at de, der holder truslen for cyberspionage høj, er de samme, som har kapaciteten til at ramme dansk kritisk infrastruktur med destruktive angreb. Derfor arbejder Energinet kontinuerligt på at styrke vores forsvar mod angreb, vores beredskaber, der skal håndtere hændelser og vores evne til at genoprette hurtigt, hvis en aktør får succes med et angreb.

IT-robustheden er ikke kun relateret til cybertruslen. Som beskrevet ovenfor forventes i planlægningsperioden en stor udvidelse af elnettet og en kraftig forøgelse af vind- og især solenergiproduktion. Dette gør forudsigeligheden af systemstabiliteten mere kompleks i fremtidens elsystem, hvilket kun kan håndteres gennem udvikling og implementering af avancerede digitale styringsalgoritmer og -systemer og automatisering af styringen af elsystemet i real-tid. Her er et stærkt IT-netværk afgørende for, at vi kan opretholde elforsyningen og undgå overbelastninger. Robustheden af digitale systemer skal derfor udvikles til at være på niveau med robustheden i elsystemet, fx gennem fuld implementering af N-1 principper i IT-systemer og implementering af overvågning og styring af IT-netværk, infrastruktur og datakommunikation tilsvarende overvågning og styring af elsystemet.

## TRUSSELSVURDERINGER FRA CENTER FOR CYBERSIKKERHED

Center for Cybersikkerhed (CFCS) under Forsvarets Efterretningstjeneste udgiver hvert år en generel vurdering af cybertrusselsbilledet mod Danmark foruden en række specifikke vurderinger. Formålet med trusselsvurderingerne er at informere beslutningstagere i danske myndigheder og virksomheder om de forskellige cybertrusler, som Danmark står overfor. Vurderingerne kan bl.a. indgå som en del af grundlaget for myndigheders og virksomheders egne risikovurderinger og udvikling af beredskaber.



# IT-SYSTEMER UDVIKLES TIL AT HÅNDTERE ÆNDRINGER I ELSYSTEMET OG LØBENDE FORANDRINGER I TRUSSELSBILLEDET FOR CYBERSIKKERHED

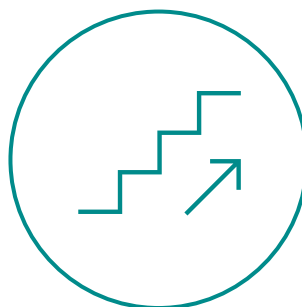
Ændringerne i elsystemet og forandringerne i trusselsbilledet for cybersikkerhed kræver løbende udvikling af nye digitale platforme og opgradering af datakommunikationsnetværk. Sikring af robustheden i forsyningskritiske IT-systemer skal matche den hastige udvikling i elsystemet.



## NY PLATFORM FOR FORSYNINGSKRITISKE IT-SYSTEMER

Etablering af et robust og fremtidssikret fundament for Energinets forsyningskritiske IT-systemer, så niveauet af IT-sikkerheder tilpasses og løbende ændringer kan gennemføres i en takt, der matcher den hastige udvikling i elsystemet.

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



## OPGRADERING AF DATAKOMMUNIKATIONS-NETVÆRK

Udskiftning og opgradering af WAN-netværk til stationer og aktører, som lever op til fremtidens krav til:

1. Central og sikker tidssynkroniseringsservice til stationers kontrol- og beskyttelsesudstyr.
2. IT-sikkerhed og compliance i form af netværkssegmentering, kryptering, monitorering og adgangsstyring.
3. Øget båndbredde for datakommunikation, som understøtter øget digitalisering af styringssystemer.



## NETVÆRK, DATAKOMMUNIKATION OG INFRASTRUKTUROVERVÅGNING

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

Første trin i understøttelsen af robustheden i de forsyningskritiske IT-applikationer og systemer er gennemført i Q2 2023 gennem etablering af 24/7 on-site IT-vagt i Energinets kontrolcenter.

# NYT DIREKTIV FRA EU SKAL STYRKE IT-SIKKERHEDEN PÅ TVÆRS AF EUROPA

Den høje trussel inden for cybersikkerhed har fået EU til at revidere det fælles direktiv for netværks- og informationssikkerhed. Denne revidering kaldes NIS2 og får i fremtiden betydning for Energinets arbejde med IT-sikkerhed. NIS2-direktivet har til formål at styrke cybersikkerheden og beskyttelsen af kritisk infrastruktur og digitale tjenester i EU. Energinet bliver påvirket af NIS2 på flere områder, men herunder bliver tre af de største områder fremhævet.

1

## SIKKERHEDS-FORANSTALTNINGER

NIS2 kræver, at ejere af kritisk infrastruktur implementerer passende sikkerhedsforanstaltninger for at beskytte deres netværks- og informationssystemer mod cybertrusler. Dette indebærer at identificere og vurdere risici, etablere sikkerhedsstyringssystemer og indføre hensigtsmæssige tekniske og organisatoriske foranstaltninger.

2

## INCIDENS-RAPPORTERING

Ejere af kritisk infrastruktur skal rapportere væsentlige cyberhændelser til de relevante nationale myndigheder. Dette indebærer at etablere processer og mekanismer til at opdage, rapportere og håndtere cyberhændelser, der kan påvirke driftens sikkerhed og pålidelighed.

3

## ANSVAR FOR IT-LEVERANDØRER

Leverandører og potentielt underleverandører af IT-ydelser til Energinet skal overholde NIS2. Det betyder, at små virksomheder, der normalt ikke ville være omfattet af NIS2, pludselig bliver det, fordi de er direkte eller indirekte leverandører til kritiske virksomheder.

## HVAD ER NIS2-DIREKTIVET?

EU-direktivet NIS2 er en revidering af *The Network and Information Security* (NIS) direktivet, som skal styrke cybersikkerheden og beskyttelsen af kritisk infrastruktur og digitale tjenester på tværs af EU.

### Styrkelse af sikkerheden for netværks- og informationssystemer

Direktivet fastsætter krav til operatører af samfundskritiske tjenester og digitale udbydere om at implementere passende sikkerhedsforanstaltninger og risikostyringspraksis.

### Udvidelse af anvendelsesområdet

NIS2-direktivet udvider anvendelsesområdet for det tidligere direktiv ved at inkludere flere sektorer og digitale tjenesteudbydere. Det dækker kritiske sektorer såsom energi, transport, bankvæsen, sundhedsvæsen, vandforsyning og digitale platforme.

### Indberetning af hændelser og samarbejde

Direktivet fastsætter krav om indberetning af væsentlige cyberhændelser til de relevante nationale myndigheder, fra operatører af essentielle tjenester og digitale tjenesteudbydere. Derudover skal samarbejde og deling af information mellem medlemsstaterne fremmes for at kunne reagere effektivt på tværgående cybersikkerhedshændelser.



# ENERGINET ARBEJDER AKTIVT MED IT-SIKKERHEDEN UNDER ØGEDE KRAV OG ET HØJT TRUSSELSNIVEAU.

Med de øgede krav og kontroller fra nyt EU-direktiv sammenholdt med den høje trussel er det nødvendigt, at Energinet styrker modstandsdygtighed og robusthed som forsyningskritisk virksomhed. Energinet arbejder hele tiden målrettet på, at der ikke sker afbryd af elforsyningen på grund af manglende IT-sikkerhed. Energinet har ikke oplevet nogle alvorlige konsekvenser for elforsyningsikkerheden relateret til hændelser vedrørende cybersikkerhed. Al sikkerhed er produktet af en række sikkerhedslag, og Energinet arbejder overordnet set med tre lag:



## 1. LAG PRÆVENTIV BESKYTTELSE

Præventiv beskyttelse dækker over de foranstaltninger og handlinger, der træffes for at forebygge og minimere risikoen for cybersikkerhedstrusler og -angreb. Formålet med præventiv beskyttelse er at identificere potentielle sårbarheder, lukke sikkerhedshuller og implementere proaktive foranstaltninger for at forhindre angreb, dataforstyrrelser og uautoriseret adgang.



## 2. LAG HÅNDTERING AF BEGIVENHEDER

Begivenheder dækker bl.a. over håndtering af afvigelser og hændelser. Alle begivenheder håndteres øjeblikkeligt, og der sikres opfølgning og mitigering løbende, både i situationer, hvor der afviges fra regler og krav, og i forbindelse med egentlige hændelser.

Alle hændelser mod Energinet analyseres. Den pågældende specifikke svaghed lukkes, og alle systemer gennemgås for at sikre, at der ikke er lignende sårbarheder andre steder. Derudover rapporteres alle hændelser og observationer videre således, at de kan indgå i trussels- og situationsvurderinger hos CFCS og EnergiCERT. (Fælles dansk sikkerhedscenter).



## 3. LAG BEREDSKAB

Med de cybertrusler Energinet står overfor som en af samfundets kritiske infrastrukturvirksomheder, er det afgørende med forberedelse og træning til et "worst case"-scenarie. Derfor er beredskabet en afgørende del af IT-sikkerheden, og Energinet tester, træner og tilpasser løbende sit beredskab til den aktuelle trussel.

# 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 elprisområde

**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 elprisområde, 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 Europa udarbejdet af ENTSO-E.

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

**Klimaår:** Et klimaår 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 klimaår fra 1982 til 2016 til at vurdere den fremtidige effekttilstrækkelighed.

**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.

**VOLL:** Values Of Lost Load, værdien af ikkeleveret 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.

# REFERENCELISTE

## Effekttilstrækkelighed

- ENTSO-E: '[European Resource Adequacy Assessment 2022 Edition](#)', 2023
- Klimarådet: '[Sikker elforsyning med sol og vind](#)', 2023
- Svenska kraftnät: '[Svenska kraftnät föreslår att en kapacitetsmekanism införs för ökad försörjningstrygghet](#)', 2023
- German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action: '[Secure supply of electricity ensured until the end of the decade](#)', 2023
- Energinet: 'Redegørelse for elforsyningssikkerhed 2023 – baggrundsrapport', bilag 2

## Elmarked

- Energistyrelsen: 'Et dansk estimat for Value of Lost Load', 2023
- Energinet: 'Scenarierapport 2022-2032', 2022

## Nettilstrækkelighed

- Energinet: 'Energi til tiden', 2022
- Energinet & Green Power Denmark: 'Net til tiden – 7 initiativer, der skaber hastighed i netudbygningen' 2023
- Energinet: 'Energinet laver 3.300 km elforbindelser – og meget mere er på vej', 2023
- Green Power Denmark: 'Elnet til meget mere', 2023
- Energinet: 'Energinets langsigtede udviklingsplan 2022', 2022
- Energistyrelsen: 'Analyseforudsætninger til Energinet 2022', 2022

## 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