

**ENERGINET**

REDEGØRELSE FOR

# ELFORSYNINGSSIKKERHED

2017





# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>Sammenfatning.....</b>	<b>4</b>
Status for elforsyningsikkerheden .....	5
Igangværende og fremadrettede initiativer .....	8
<b>1. Elforsyningsikkerhed.....</b>	<b>10</b>
1.1 Forsyningsikkerhed bliver mere internationalt.....	10
1.2 Lovgivningsmæssig ramme.....	11
1.3 Omkostninger til elforsyningsikkerhed.....	14
<b>2. Historisk elforsyningsikkerhed .....</b>	<b>15</b>
2.1 Afbrudsstatistik.....	15
2.2 Hændelser i elsystemet 2016.....	16
<b>3. Fremadrettet risikovurdering.....</b>	<b>22</b>
3.1 Vurdering af de fremadrettede forudsætninger.....	23
3.2 Effekttilstrækkelighed .....	24
3.3 Markedsudvikling .....	29
3.4 Nettilstrækkelighed .....	30
3.5 Systemsikkerhed.....	31
3.6 Revisionsplanlægning.....	32
3.7 Driftssamarbejde på tværs af grænser .....	32
3.8 Informationssikkerhed.....	36

Forsidebillede: Nedtagning af elmaster som en del af kabellægning ved Lillebælt.



## SAMMENFATNING

Den danske elforsyningssikkerhed var også i 2016 høj. Danskerne havde i gennemsnit strøm i 99,996 pct. af tiden. Dermed var 2016 endnu et år, hvor danske elforbrugere har haft en af Europas højeste sikkerheder for levering af el.

Arbejdet med at sikre elforsyningssikkerhed er under stor forandring pga. den grønne omstilling med meget mere vind- og solenergi.

Energinets mål er at bevare det høje niveau af forsyningssikkerhed, og at forsyningssikkerheden i det danske elsystem fortsat skal være i den europæiske top. Ambitionen er fastlagt i Strategiplan 2014 og er et udtryk for, at et højt forsyningssikkerhedsniveau er et væsentligt fundament for samfundet og har stor værdi for både virksomheder og borgere.

Energinet analyserer derfor løbende udviklingen og igangsætter tiltag for fortsat at kunne sikre en stabil og omkostningseffektiv drift af elsystemet.

Fremover kommer samarbejde på tværs af landegrænser, samarbejde i hele værdikæden, mere IT-understøttelse og fleksibilitet i elforbrug til at spille en langt større rolle end i dag.

Derudover er der i de kommende år et stigende behov for reinvesterings i den eksisterende infrastruktur (transmissionsnettet) for at sikre, at infrastrukturen understøtter den høje forsyningssikkerhed. Dele af transmissionsnettet nærmer sig dets tekniske levetider.

# STATUS FOR ELFORSYNINGSSIKKERHEDEN

## Afbrudsstatistik og hændelser

Elforsyningsikkerheden var i 2016 på knap 19 afbrudsminutter pr. elforbrugere.

I årets løb har der ikke været afbrudt elforbrugere for at sikre stabiliteten i det samlede elsystem, og der har kun været et lavt antal hændelser i transmissionsnettet, som har medført afbrud hos elforbrugere. De afbrud, som de danske elkunder har oplevet i 2016, skyldes således primært forhold i distributionsnetterne.

Selv om den danske elforsyning er under omstilling, og elsystemet effektiviseres, er der ikke tegn på, at antallet af nær-ved hændelser stiger.

Der har ikke været timer i 2016, hvor udbuddet i markedet ikke har været stort nok til at tilfredsstille efterspørgslen. Samtidig har der kun været én situation, hvor Energinets kontrolcenter har erklæret skærpet drift. Det var pga. en

IT-hændelse, der midlertidigt påvirkede Energinets overvågning af elsystemet og suspendede markedet. Der blev ikke meldt nøddrift i 2016.

Til den europæiske hændelsesstatistik er der i 2016 indberettet et sammenligneligt antal hændelser som i 2015. Der var igen i år ingen hændelser, som førte til overtrædelse af spændingsstandarderne. En stærkt medvirkende årsag til dette er, at Energinet i de senere år har haft større fokus på spændingsregulering i kontrolcentrets vagtfunktion.

TABEL 1: OVERSIGT OVER INDBERETTEDE HÆNDELSER TIL INCIDENTS CLASSIFICATION SCALE (ICS) FOR DANMARK I 2015 OG 2016.

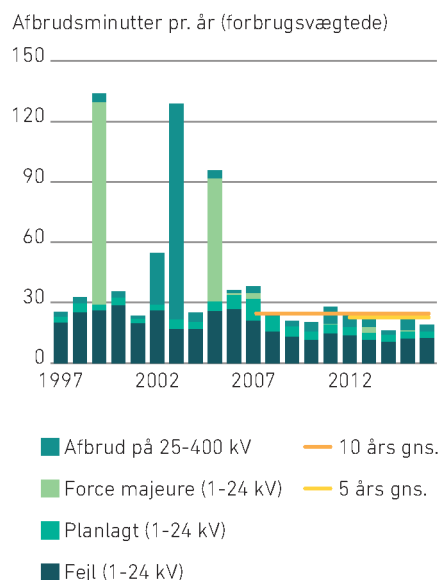
KRITERIER	Skala 0	Skala 1	Skala 2	Skala 3
Hændelser på elementer i transmissionsnettet	2015: 11 2016: 1	2015: 8 2016: 13		
Overtrædelse af spændingsstandarder	2015: 0 2016: 0	2015: 0 2016: 0		
Tab af IT-værktøjer		2015: 1 2016: 3		

Note: Hændelserne klassificeres i indberetningen på en skala fra 0-3, hvor 3 er de alvorligste hændelser:

- Skala 0 Lokale afvigelser med lav påvirkning af driftssikkerheden
- Skala 1 Alvorligere hændelser
- Skala 2 Omfattende hændelser i et større område
- Skala 3 Større hændelser, der ender i blackout.

FIGUR 1: AFBRUDSSTATISTIK FOR DANMARK, 1997-2017.

Kilde: Dansk Energi.



### Forsyningssikkerhed

Elforsyningssikkerhed er "sandsynligheden for, at der er el til rådighed, når den efterspørges". Elforsyningssikkerhed består af "systemtilstrækkelighed" og "systemsikkerhed", der er to delvist overlappende begreber.

Manglende systemsikkerhed i det danske elsystem har potentielt de mest vidtrækkende konsekvenser, da det i værste fald kan medføre pludselige og omfattende blackouts i en eller begge danske landsdele. Manglende systemtilstrækkelighed er også en væsentlig trussel, hvor konsekvensen typisk vil være varslede afkoblinger af forbrugere i begrænsede områder (såkaldte brownouts).

### Systemydelse

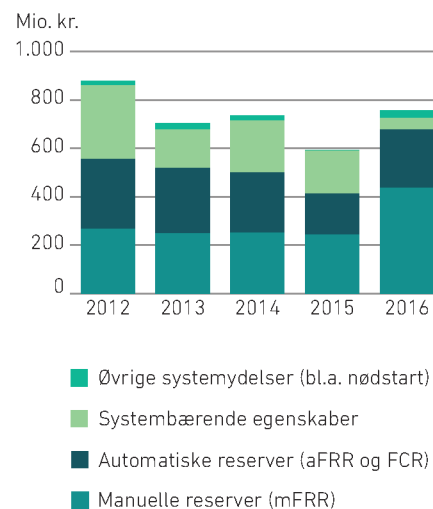
Systemydelse er et samlet begreb for de produktions- og forbrugsressourcer, som Energinet køber til at stå til rådighed i driftstimen, og som aktiveres automatisk eller manuelt til at sikre balancen og driftssikkerheden i elsystemet. Systemydelse består af reserver og systembærende egenskaber.

I 2016 steg de samlede udgifter til systemydelse. Der er i 2016 samlet købt systemydelse for DKK 758 mio. mod DKK 592 mio. i 2015. Stigningen skyldes primært, at omkostningerne til manuelle reserver steg i Østdanmark. Det skyldes, at det var nødvendigt at foretage erstatningsindkøb i forbindelse med revision af en blok på Kyndbyværket, der normalt leverer en del af de manuelle reserver i Østdanmark. I revisionsperioden måtte Energinet desuden beordre et kraftværk i drift for at skaffe tilstrækkelige reserver, og priserne i de auktioner, hvor erstatningsindkøbene blev gjort, var meget høje.

FIGUR 2: ILLUSTRATION AF ELFORSYNINGSSIKKERHED, SOM BESTÅR AF SYSTEMSIKKERHED OG SYSTEMTILSTRÆKKE-LIGHED, DER I PRAKSIS ER TO DELVIST OVERLAPPENDE BEGREBER.



FIGUR 3: SAMLEDE OMKOSTNINGER TIL SYSTEMYDELSE I 2012–2016.



Indkøb af reserver og systembærende egenskaber giver handlemuligheder for Energinets kontrolcenter i forhold til at håndtere fejl og bidrager dermed til systemsikkerhed.

Omkostningerne til indkøb af systembærende egenskaber fra aktørerne i Vestdanmark faldt i 2016 som følge af nye analyser af behovet for systembærende egenskaber. Analyserne dokumenterede et mindsket behov end tidligere forudsat og dannede grundlag for at anvende eksisterende komponenter i elsystemet på en smartere måde via automatisering.

I løbet af 2016 er det samlede behov for systembærende egenskaber analyseret for Østdanmark. Analysen viste, at der i normale driftssituationer med en optimeret anvendelse af eksisterende komponenter er et samlet behov for én systembærende enhed i Østdanmark. En systembærende enhed kan være

et større kraftværk eller en synkronkompensator. Det var tidligere vurderet nødvendigt at have tre systembærende enheder i drift samt yderligere en enhed klar til opstart. Derfor forventes det, at omkostningerne til tilvejebringelse af systembærende egenskaber i 2017 vil falde yderligere, hvis der ikke opstår særlige situationer i nettet, der nødvendiggør øgede leverancer af systembærende egenskaber.

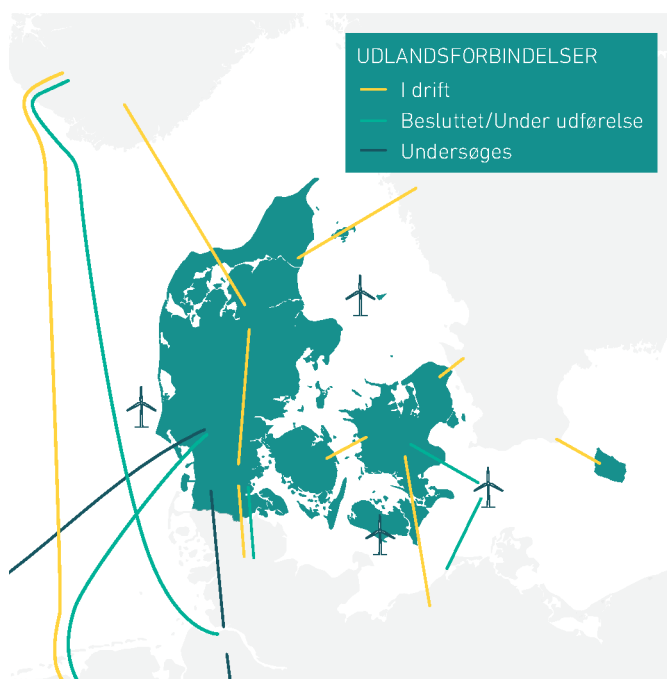
### Effekttilstrækkelighed

Der har i 2016 ikke været tilfælde med mangel på effekt, hverken ved afbrud af forbrugere eller utilstrækkelig kapacitet på markedet. Der har dog været enkelte driftssituationer, hvor tab af den største enhed i systemet kunne have medført mangel på effekt pga. revisioner og havarier i elsystemet.

### Nettilstrækkelighed

Det samlede antal fejl i transmissionsnettet er i 2016 steget i forhold til sidste år. Der har i 2016 været 13 hændelser på HVDC-anlæg (jævnstrøm), der har givet anledning til ekstra opmærksomhed i driften af det samlede elsystem. Ingen af de 13 hændelser førte til afbrud af forbrugere.

FIGUR 4: ELFORBINDELSER I DANMARK OG LANDENE OMKRING.



### Informationssikkerhed

Høj elforsyningsikkerhed kræver høj tilgængelighed af IT-værktøjer. På den ene side kan moderne IT ikke undværes i den daglige drift af elsystemet. På den anden side øger anvendelsen af IT også elsystemets sårbarhed overfor udefrakommende angreb og interne fejl i IT-systemer. Energinet arbejder for høj IT-sikkerhed og høj opetid på IT-systemer.

Energinet måler IT-sikkerheden med afsæt i IT-sikkerhedsstandard ISO 27001. I slutningen af 2016 blev Energinets modenhed vurderet til at have opnået målsætningen for 2016, som indebærer, at modenheden skulle op på en gennemsnitlig Capability Maturity Model Integration-værdi (CMMI-værdi) over 3,5. Målet er 4,0 i 2017. For at opnå en CMMI-værdi på 4 skal IT-proceserne have kvantitative mål, så de er forudsigelige og møder krav fra interne og eksterne interessenter.

### Internationalt samarbejde

Danmark er ikke alene om at stå overfor nye udfordringer i forhold til at sikre forsyningssikkerhed, i takt med at mere vedvarende energi indpasses. Blandt andet derfor udvikles fælles europæiske regler for markederne og driften af elsystemerne. Tættere integrerede og mere harmoniserede europæiske elmarkeder bidrager til en omkostningseffektiv europæisk elforsyning.

I 2015 blev det besluttet af de fire nordiske TSO'er at etablere et fælles kontor. Kontoret, der er placeret i København, skal varetage opgaver inden for koordinering af kapacitetsberegninger, afbrydelsesplanlægning og systemsikkerhedsanalyser. Initiativet er i tråd med kommende EU-regulativer, der fordrer etableringen af såkaldte Regional Security Coordinators (RSC) eller regionale sikkerhedssamarbejder på transmissionsområdet.

# IGANGVÆRENDE OG FREMADRETTEDE INITIATIVER

Generelt er den danske forsyningsikkerhed meget høj og den vil også være høj i de kommende år. Dog er det ikke sikkert, at den vil være på samme høje niveau. Derfor skal der tages hensyn til udfordringerne bl.a. i forbindelse med den grønne omstilling i de kommende år.

Parallelt med omstillingen til øget anvendelse af vedvarende energi skal der ske en kontinuerlig udvikling i arbejdet med varetagelse af elforsyningsikkerhed. Energinet arbejder blandt andet på at udvikle driftsmetoder, bidrage til nye markeder, bygge ny elinfrastruktur og vedligeholde og renovere det eksisterende transmissionsnet.

I det forgangne år har Energinet haft særligt fokus på implementeringen af initiativerne, der blev præsenteret i sidste års redegørelse for elforsyningsikkerhed, herunder i forhold til effektivitet, markedsudvikling, nettilstrækkelighed, Nordic RSC og IT-sikkerhed.

## Effektivitet

De fremadrettede risikovurderinger viser, at risikoen for afbrud af forbrugere er forskellig for de to landsdele. For Vestdanmark vurderes risikoen for at mangle effekt meget lav for perioden 2017-2025.

For Østdanmark vurderer Energinet, at risikoen for at mangle effekt generelt over de næste 10 år vil stige i forhold til i dag og overstige Energinets målsætning fra strategiplan 2014.

Ifølge simuleringresultaterne vil en gennemsnitsforbruger i Østdanmark mangle strøm i 7 minutter i 2018 og 33 minutter i 2025 på grund af effektivitet. 7 minutter svarer til, at en gennemsnitlig forbruger forventes at få leveret 99,9987 pct. af den ønskede energi og 33 minutter svarer til 99,9937 pct. Risikoen for brownout kan reduceres ved fx revisionsplanlægning, markedsløsninger (fx styrket indsats for fleksibelt forbrug), nye rammer for produktionskapacitet og etablering af ny infrastruktur til nye områder. Beregningsresultaterne er forbundet med usikkerheder, men indikerer, at enkelte situationer med brownouts må forventes over de næste 10 år.

Et konkret tiltag som på længere sigt kan forbedre effektiviteten i Østdanmark er en yderligere elektrisk forbindelse til Vestdanmark. Der er igangsat et projekt, der har til formål at vurdere, hvorvidt en ny forbindelse er en samfundsøkonomisk attraktiv løsning til at styrke effektiviteten i Østdanmark.

Som led i arbejdet med at sikre effektiviteten i Østdanmark har Energinet ønsket at lave en 'strategisk reserve' i perioden 2016-2018, som skulle bidrage til forsyningen i særligt kritiske situationer. I december 2015 valgte Energinet at annullere udbuddet. Annulleringen kom som konsekvens af, at Energinet ikke forventede at kunne realisere udbuddet, da Europa-Kommissionen anså reserven som værende i strid med EU-reglerne om statsstøtte.

Siden da har Europa-Kommissionen udarbejdet en sektorundersøgelse omkring kapacitetsmekanismer. På den baggrund er det Energinets vurdering, at det ikke er muligt at gennemføre et udbud for en strategisk reserve på nuværende tidspunkt. Energinet reducerer risikoen for at afkoble forbrugere i mangelsituationer i Østdanmark gennem bedre koordinering af revisioner på udlandsforbindelser, kraftværker og egne anlæg samt generelt optimeret udetid koblet til anlægsprojekter. Hertil kommer, at Energinet har sikret forkortet startvarsel på et enkelt kraftværk.

## Markedet

I øjeblikket er der to centrale områder inden for markedsudvikling, som





132 kV-elmaster nær København.

Energinet har fokus på: Udviklingen af den fremtidige markedsmodel tager især udgangspunkt de europæiske netregler og konklusionerne fra Markedsmodel 2.0-projektet.

For markedstiltagene gælder, at de i vidt omfang skal koordineres med internationale samarbejdspartnere i henhold til bl.a. de fælleseuropæiske netregler. Hertil kommer at tilpasninger af den danske elforsyningslov kan være nødvendig for at gennemføre enkelte af initiativerne.

#### **Nettilstrækkelighed**

Energinet står over for et stort omfang af reinvesteringer i det danske transmissionsnet. Reinvesteringerne tager på struktureret vis hensyn til komponenternes tilstand, og hvor kritiske komponenterne er for det samlede elsystem.

Reinvesteringerne betyder flere revisioner i transmissionsnettet end tidligere, hvilket umiddelbart øger risikoen i elsystemet både i forhold til systemsikkerhed og systemtilstrækkelighed. Energinet har derfor stor fokus på revisionsplanlægning herunder også i samarbejde med nabo-TSO'er.

Et særligt fokusområde er København, hvor stigning i elforbruget og lukning af termiske kraftværker medfører behov for ny forsyningsstruktur til København. Energinet forventer etablering af ny transmissionsforbindelse til København for at sikre forsyningen fra det øvrige Sjælland ind til København. Allerede i dag vurderer Energinet løbende behovet for lokal produktion i København. Energinet iværksætter ved behov tiltag som fx beordringer for at sikre en fortsat høj forsyningsikkerhed i København.

#### **Internationalt samarbejde**

I europæisk regi er der i 2015 nedsat en arbejdsgruppe, der har til formål at udvikle en ny markedsbaseret og probabilistisk metode til at vurdere effekttilstrækkeligheden ens på tværs af grænser. Fremadrettet vil der fortsat være stort fokus på tværnationalt samarbejde om effekttilstrækkelighedsvurderinger. Den næste rapport forventes i efteråret 2017.

I regi af det nordiske samarbejde har de fire nordiske TSO'er besluttet at udarbejde fælles effekttilstrækkelighedsvurderinger for 2017-2018. Vurderinger

skal sætte fokus på udfordringer for de nordiske lande, samt øge fokus på mere effektive tværgående løsningsmuligheder.

Etablering af RSC-kontoret i København er en væsentlig styrkelse af den nordiske koordinering. Kontoret er allerede bemandet med deltagere fra de fire TSO'er og forventes at være fuldt i drift i slutningen af 2017.

#### **Informationssikkerhed**

Hvis samme fokus og arbejdsindsats opretholdes igennem 2017, vil Energinet kunne nå det fastsatte mål for udgangen af 2017 på en CMMI-værdi af 4,0. For at hæve modenheden arbejder Energinet med informationssikkerhed på alle niveauer og på at skabe overblik over de trusler, der kan påvirke driften af el- og gassystemet.

Energinet arbejder på at sikre, at de moderne informationsteknologier bliver anvendt og indregnet som en integreret del af el- og gassystemets design. Det betyder, at datasikkerhed tænkes ind i processer, systemer og komponenter.

# 1. ELFORSYNINGSSIKKERHED

Den danske elforsynings-sikkerhed er blandt de bedste i Europa, og danske forbrugere har i mange år haft en meget høj sikkerhed for levering af el. Det er nødvendigt, da en sikker elforsyning er af afgørende værdi for grundlæggende samfundsfunktioner som fx hospitaler og virksomheder, ligesom det er vitalt for private forbrugere.

Forsyningsikkerhed for el måles på, om der er strøm, når forbrugeren tænder kontakten. Overvågning af forsyningsikkerhed sker gennem løbende risikovurderinger, som efter anerkendte metoder estimerer sandsynligheden for, at der er el til rådighed, når den efterspørges af forbrugeren.

Sikring af en god forsyningsikkerhed er et komplekst samspil mellem det fysiske elnet, elmarkedet, producenter og forbrugere. Det handler derfor ikke kun om størrelse af elledninger eller antal af kraftværker og vindmøller.

## 1.1 Forsyningsikkerhed bliver mere internationalt

Elforsyningsikkerhed har historisk primært været et nationalt anliggende, hvor initiativer til at sikre en høj forsyningsikkerhed har været funderet i national lovgivning. I takt med at elmarkedet er blevet mere og mere europæisk, og strømmen flyder på tværs af grænserne, er det i stigende omfang blevet et regionalt og internationalt anliggende. I tråd med ambitionerne om et fælles liberaliseret europæisk marked er det også ambitionen, at forbrugerne på sigt i højere grad tager stilling til, hvor højt forsyningsikkerhedsniveauet skal være. Forbrugeren kan potentielt tage stilling til niveauet af effekttilstrækkelighed.

Det er dog en langstrakt proces at få elmarkedet til at spille en så central rolle i opretholdelsen af forsyningsikkerheden. Erfaringen de senere år har vist, at der fortsat er hindringer for udviklingen af et velfungerende indre

marked for energi. Der er fortsat et nationalt fokus i de enkelte medlemslande, som påvirker funktionaliteten af det indre marked og dermed markedets evne til alene at sikre tilstrækkelig produktionskapacitet.

## VINTERPAKKEN

 Europa-Kommissionen lancerede den 30. november 2016 en større lovgivningspakke "Clean Energy for all Europeans", også kaldet "Vinterpakken".

 Vinterpakken er en central del af implementeringen af EU's Energiunion, som blev lanceret i februar 2015. Energiunionen udstikker retningen for fremtidens europæiske energi- og klimapolitik og skal bidrage til, at EU når sine 2030-målsætninger inden for klima og energi, samt sin langsigtede målsætning om en fossiluafhængig økonomi i 2050.

Pakken indeholder en lang række lovgivningsforslag på energiområdet, som skal forhandles over de kommende år:

- Elmarkedsdesign
- Forvaltningssystemet for Energiunionen
- Energieffektivitetsdirektivet
- Energieffektivitet i bygninger
- Vedvarende energidirektiv



132 kV-elmaster ved Albertslunds golfklub.

For at imødekomme dette udsendte Europa-Kommissionen i efteråret 2016 en energipakke (også kaldet Vinterpakken), der udbygger EU-samarbejdet, herunder også med øget samarbejde om forsyningsikkerhed. Energinet ser Vinterpakken som et nødvendigt næste trin for at løse elsystemets fremtidige udfordringer i fællesskab, så den værdi, der ligger i at løse problemerne på tværs af grænserne, kommer i anvendelse.

Et godt eksempel på denne udvikling er netregler for driftssamarbejde og etableringen af Nordic RSC (Regional Security Coordinator) i København. Det primære formål med at etablere et fælles nordisk RSC er at sikre, at

det nordiske elsystem også fungerer effektivt i en fremtid med stadigt stigende mængder af grøn energi fra vind og sol.

### 1.2 Lovgivningsmæssig ramme

Energinet er Danmarks systemansvarlige virksomhed og bygger på Lov om Energinet.dk og Lov om elforsyning. Energinet ejer og driver det overordnede el- og naturgasnet i Danmark og har ansvaret for forsyningsikkerheden for el og gas. Energinet arbejder for balance i et bæredygtigt energisystem med stigende mængder vedvarende energi. Det gøres igennem internationale, markedsbaserede løsninger og samarbejder på tværs af energisektorens værdikæde.

I Lov om elforsyning er der forskellige bestemmelser, der adresserer rammerne for en høj elforsyningsikkerhed, og forskellige myndigheder er tillagt opgaver og kompetencer i relation hertil. Energinet tildeles i § 27a, stk. 1, det overordnede ansvar for elforsyningsikkerhed i Danmark. Denne forpligtelse danner fundamentet for Energinets kerneopgaver i forbindelse med understøttelse af en høj elforsyningsikkerhed. Det forventes, at Lov om elforsyning revideres i de kommende år.

# LOV OM ELFORSYNING

Lov om elforsyning § 27a, stk. 1, danner grundlag for Energinets kerneopgaver, herunder at:



Overvåge forsynings sikkerheden i elsystemet for den samlede værdikæde, herunder den historiske udvikling og forventning til den kommende periode. Overvågningen omfatter blandt andet en vurdering af systemtilstrækkeligheden, som omfatter, om der er tilstrækkelig effekt til at dække behovet (effekttilstrækkelighed), og om der er tilstrækkelig infrastruktur til at få transporteret strømmen fra produktionsenhed til forbruger (nettilstrækkelighed).

Udover dette skal det vurderes, om elsystemet er robust nok til at levere i tilfælde af pludseligt opståede fejl – systemsikkerhed. Dette handler fx om at vurdere, om elsystemet kan håndtere et vilkårligt udfald af en komponent, fx en linje, så systemkollaps undgås.



Sikre, at der fysisk opretholdes balance og en passende teknisk kvalitet i det samlede elsystem. Den daglige drift af elsystemet skal blandt andet sikre, at elproduktion og elforbrug balancerer på ethvert tidspunkt. Gennem aktiv og løbende opdatering af prognoser og driftsplaner frem mod den enkelte driftstime kan ubalancer minimeres, før de opstår i selve driftsøjeblikket.

Udover at en sådan proaktiv drift er en omkostningseffektiv måde at balancere elsystemet på, giver det også Energinets kontrolcenter en dybtgående og løbende indsigt i, hvilke ressourcer der til ethvert tidspunkt er til stede i elsystemet.



Udvikle rammerne for et velfungerende og internationalt sammenkoblet elmarked, der kan sikre balancen mellem forbrug og produktion. Et velfungerende marked er i stand til at sikre de rette incitamenter for både forbrugere og producenter til at opretholde balance mellem forbrug og produktion på både kort og langt sigt.

---



Udføre en effektiv drift af og investeringer i transmissionsnettet under hensyntagen til forsyningssikkerhed. Investeringer og vedligehold af transmissionsnettet er en central del i opretholdelsen af elforsyningssikkerheden.

Både i normale driftssituationer og situationer, hvor der er rimeligt forventelige fejl og afbrud i nettet, skal den nødvendige effekt kunne leveres via transmissionsnettet. Dimensionering og design af infrastrukturen har således afgørende betydning for den samlede elforsyningssikkerhed.

---



Sikre tilstedeværelsen af tilstrækkelig produktionskapacitet, såfremt markedet ikke gør. Produktions- og handelsselskaberne har som markedsaktører, som udgangspunkt, mulighed for at beslutte niveauet af produktionskapacitet, forbrugsfleksibilitet og lagring. Men de kommercielle aktører har ikke direkte ansvar for elforsyningssikkerheden, og de er ikke forpligtede til at levere strøm til markedet under normal drift.

Tilstrækkelig produktionskapacitet skal vurderes i forhold til at sikre den samlede effekttilstrækkelighed, som viser, om der er nok energi til at dække efterspørgslen på timeniveau.

### 1.3 Omkostninger til elforsyningsikkerhed

En omkostningseffektiv elforsyningsikkerhed handler om at sikre, at elsystemet fungerer, så aktørerne i hele værdikæden kan levere til kunderne, når disse har brug for energien.

Hvis der ses på det samlede omkostningsniveau til forsyningsikkerhed, skal man derfor vurdere omkostningerne i hele værdikæden. Det kan for eksempel være systemydelse, IT-værktøjer, reinvesteringer eller udbygninger i elnettet grundet stigning i forbrug eller ændringer i produktion. Men det kan også være omkostninger til produktion samt distributions- og transmissionsnettet – altså de elementer som indgår i forbrugernes elpris.

Indirekte er udviklingen i forbrugernes elpris (minus skatter og afgifter) derfor et udtryk for den samlede omkostning til elforsyningsikkerhed. I denne rapport beskrives bl.a. systemydelse, IT-sikkerhed og behov for ny infrastruktur i København.

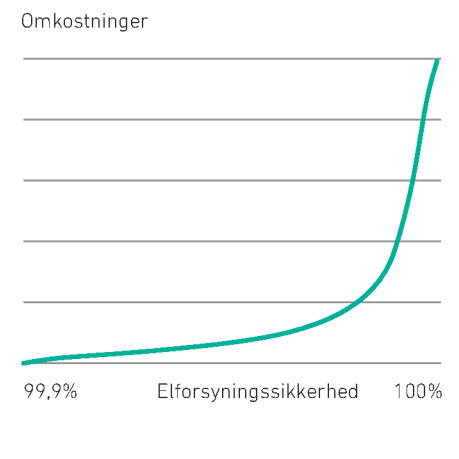
Når det handler om at vurdere, hvorvidt der skal investeres mere eller mindre i at opretholde et givet niveau af elforsyningsikkerhed, er det hensigtsmæssigt at vurdere, om der skal findes værktøjer til at minimere de risici, der er i den samlede værdikæde, da der ofte er tale om sjældne hændelser, som kan føre til, at der ikke er el i stikkontakten.

Det skal derfor ses som en vurdering af, hvorvidt der skal tegnes nogle forsikringer mod manglende forsyning. Dermed bliver omkostninger et spørgsmål om at vurdere forskellige forsikringstyper op imod hinanden set i forhold til den reduktion i risiko, de kan levere. En høj forsyningsikkerhed i Danmark vurderes at have stor samfundsmæssig værdi, og derfor er der i det danske elsystem tegnet flere forsikringer mod manglende forsyning.

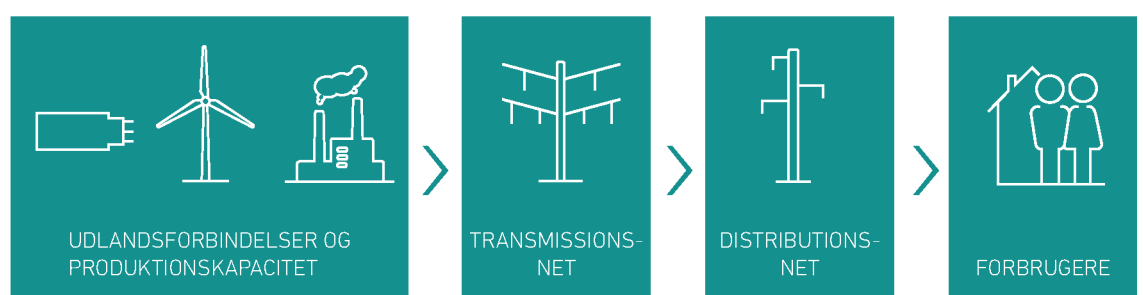
En høj forsyningsikkerhed er forbundet med omkostninger, og i praksis er det ikke muligt at have en forsyningsikkerhed på 100 pct. Det vil kræve uendelig meget back-up af både produktion og infrastruktur og dermed være uendelig dyrt, illustreret på Figur 6.

Derudover er mange risici omkostningstunge at løse nationalt. En høj og omkostningseffektiv elforsyningsikkerhed i Danmark er derfor også en vurdering af muligheder igennem et tæt internationalt samarbejde.

FIGUR 6: ILLUSTRATION AF FORHØJDET MELLEMLØBET MELLER OMKOSTNINGER OG FORSYNINGSSIKKERHED



FIGUR 5: ET TRADITIONELT ELSYSTEM FRA PRODUKTION TIL FORBRUGER.



## 2. HISTORISK ELFORSYNINGSSIKKERHED

Den danske elforsynings-sikkerhed er blandt de bedste i Europa. De danske elforbrugere har således i mange år haft en meget høj sikkerhed for levering af el.

Det er også gældende for 2016, hvor der har været et meget lavt antal afbrudsminutter pr. forbruger samt et lavt antal hændelser i elsystemet med betydning for elforsyningsikkerheden.

### 2.1 Afbrudsstatistik

Elselskabernes Fejl- og Afbrudsstatistik (ELFAS) er ført siden 1967. Den fremkommer ved, at de enkelte netelskaber indmelder driftsforstyrrelser på distributionsniveau, og Energinet tilsvarende indmelder driftsforstyrrelser på transmissionsniveau. ELFAS giver et omfattende grundlag til opgørelse af den danske elforsyningsikkerhed i historisk perspektiv.

Afbrudsstatistik opgøres endnu ikke på enkeltkundeniveau. Det er først muligt, når alle forbrugere har fået udrullet digitale elmålere, og de er indkørt i den centrale DataHub.

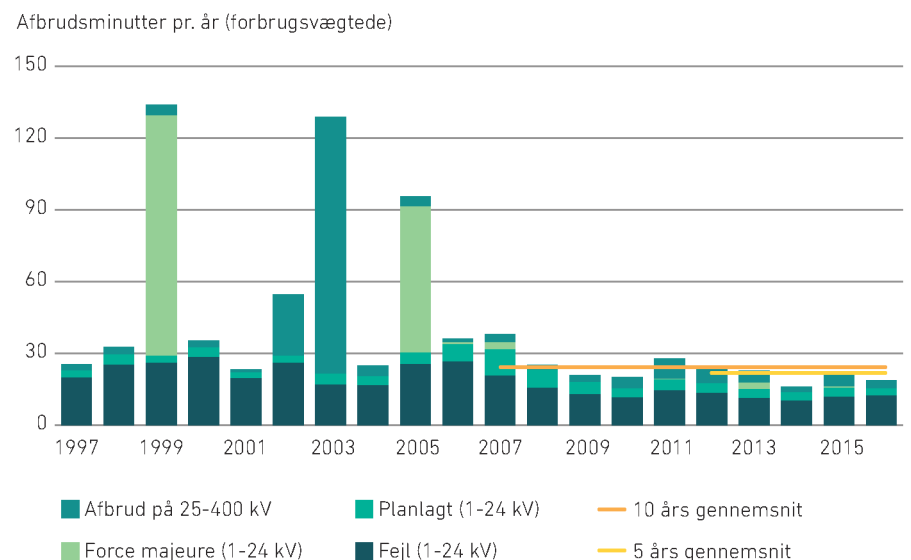
Afbrudsstatikken indikerer, i hvor høj grad forbrugere gennemsnitligt har oplevet afbrud. Nogle forbrugere vil opleve afbrud fra få minutter til flere timer, mens andre ingen vil opleve.

I 2016 var antallet af afbrudsminutter stadig meget lavt. Der var knap 19 minutters afbrud, hvilket er lavere end 2015.

Figur 7 illustrerer den gennemsnitlige varighed af afbrydelser i elforsyningen i minutter pr. forbruger pr. år (forbrugsvægtet) i Danmark. Søjlerne i figuren er opdelt i spændingsniveauerne 1-24 kV og 25-400 kV. For distributionsniveauet 1-24 kV, hvor

FIGUR 7: AFBRUDSSTATISTIK FOR DANMARK, 1997-2017.

Kilde: Dansk Energi.



TABEL 2: GENNEMSNITLIGE AFBRUDSMINUTTER SET OVER DE SENESTE 5, 10, 15 OG 20 ÅR.

(Min/år)	5 år	10 år	15 år	20 år
Distribution < 25 kV	16,1	19,1	25,8	31,2
Transmission og distribution >= 25 kV	4,5	4,4	12,5	10,1
Total	20,6	23,5	38,3	41,3

langt de fleste afbrud forekommer, er afbruddene også opdelt efter årsagen. Effektmangel har historisk ikke været årsag til afbrud af forbrugere i Danmark og indgår derfor ikke i figuren.

Bortset fra enkeltstående hændelser, som en fejl i transmissionsnettet i 2002 og en fejl i det svenske net i 2003, er det generelle billede, at langt størstedelen af afbrudsminutterne skyldes fejl i distributionsnettet.

Store fejl på transmissionsniveau er sjældne, men rammer til gengæld mange forbrugere. Det var tilfældet i 2002 og 2003. Det gennemsnitlige afbrudsniveau bør derfor ses over en længere årrække.

I Danmark ligger afbrud på distributionsniveau forholdsvis konstant omkring 20-30 minutter pr. gennemsnitsforbruger pr. år. Disse afbrud har dog haft en let nedadgående tendens på grund af kabellægningen af distributionsnettet.

## 2.2 Hændelser i elsystemet 2016

Hændelser med betydning for elforsyningsikkerhed sker på både markeds-, system-, IT- og komponentniveau.

### 2.2.1 Engrosmarkedet

I 2016 var der ingen hændelser relateret til manglende effekttilstrækkelighed i det danske elsystem. Som det har været tendensen historisk, var der således ingen markedsrelaterede mangelsituationer i 2016, som førte til manglende priskryds.

Sidst spotpriserne ramte prisloftet var den 7. juni 2013 i Vestdanmark – dog uden at føre til afbrud af forbrugere.

Der har dog været enkelte driftssituationer, hvor tab af den største enhed i systemet kunne have medført mangel på

effekt pga. revisioner og havarier i elsystemet.

### 2.2.2 Brug af brownout

Der har ikke været behov for kontrolleret afkobling af forbrugere (såkaldt brownout) i 2016 eller nyere tid for at håndtere pressede driftssituationer.

### 2.2.3 Den daglige drift

Den daglige drift af elsystemet skal sikre, at elproduktion og elforbrug balancerer på ethvert tidspunkt. Gennem aktiv overvågning og løbende opdatering af prognoser og driftsplanner frem mod den enkelte driftstime kan ubalancer minimeres, før de opstår i selve driftsøjeblikket. Energi-

## DRIFTSSTATUSTYPER



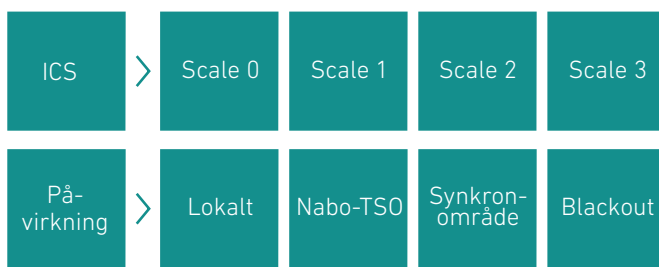
I **normaldrift** er driften af elsystemet karakteriseret ved at følge de almindelige driftsbetingelser, herunder at elsystemet kan klare et udfald af den største enhed (N-1 princippet).

Hvis hændelser i elsystemet betyder, at normaldriften trues, og der er risiko for usikker drift, overgår driftssituationen til **skærpet drift**. I skærpet drift kan markedet suspenderes, og Energinet kan tage alle håndtag i brug for at sikre elforsyningen.

Ved ustabil drift og samtidige lokale/regionale afbrydelser ændres driftssituationen til **nøddrift**. I **nøddrift** tilkalder Energinet ekstra mandskab for bemanning af krisestab, og der skal gøres klar til at håndtere længerevarende driftsforstyrrelser.



FIGUR 8: ILLUSTRATION AF SAMMENHÆNGEN MELLEM INCIDENTS CLASSIFICATION SCALE (ICS) OG PÅVIRKNINGEN AF HÆNDELSEN.



nets kontrolcenter opererer med tre forskellige driftsstatus, normal drift, skærpet drift og nøddrift.

I langt det meste af tiden opereres elsystemet i normaldrift. Det hænder, at driftssituationen er skærpet, men det er sjældent, at markedet suspenderes. I 2016 er der registreret skærpet drift én gang i april. Årsagen hertil var en IT-hændelse, der midlertidigt påvirkede kontrolcentrets overvågning af elsystemet og suspenderede markedet. Problemet blev løst på kort tid, og blandt andet et tæt samarbejde med nabo-TSO'er sikrede, at der ikke skete afbrud af forbrugere i den mellemliggende periode.

TABEL 3: OVERSICHT OVER INDBERETTEDE DANSKE HÆNDELSE TIL ICS-STATISTIKKEN FOR I 2015 OG 2016. TAB AF IT-VÆRKTØJER REGISTRERES UDELUKKENDE FOR SKALA 1 OG SKALA 2 I ICS-STATISTIKKEN.

KRITERIER	Skala 0	Skala 1	Skala 2	Skala 3
Hændelser på elementer i transmissionsnettet	2015: 11 2016: 1	2015: 8 2016: 13		
Overtrædelse af spændingsstandarder	2015: 0 2016: 0	2015: 0 2016: 0		
Tab af IT-værktøjer		2015: 1 2016: 3		

Nøddrift meldes yderst sjældent, og der har ikke været meldt nøddrift i 2016.

#### 2.2.4 Europæisk hændelsesindberetning

Det europæiske elsystem er tæt forbundet, og driftsforstyrrelser i ét land kan påvirke nabolande eller i værste fald hele Europa. Derfor samarbejder de europæiske TSO'er for at sikre sikker drift i det fælles elsystem.

ENTSO-E benytter Incidents Classification Scale (ICS) for at styrke det fælles europæiske driftsarbejde. ICS sigter mod at give overblik over hændelser i det europæiske eltransmissionssystem.

Antallet af hændelser i transmissionsnettet endte i 2016 på 13 mod 8 året forinden. Hændelserne i 2016 fordelte sig med 5 på Konti-Skan, 5 på Skagerak, 2 på Storebælt og én på Kontek.

I 2016 blev der registreret tre hændelser med tab af kritiske IT-værktøjer mod én i 2015. Hændelserne i 2016 var et firewall-problem på grund af softwarefejle, problemer ved en opdatering af serverne til Scada-systemet og til sidst en menneskelig fejl ved arbejde på netværksudstyr.

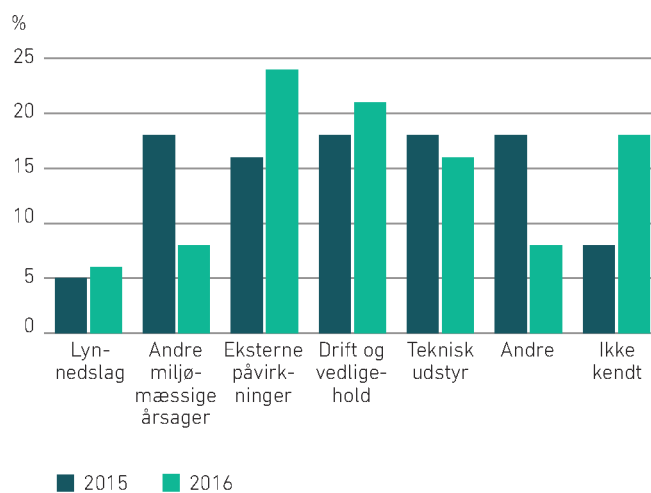
#### 2.2.5 Hændelser i eltransmissionssystemet

Viden om fejl og afbrud anvendes til at vurdere og planlægge den fremadrettede systemsikkerhed samt i arbejdet med Asset Management. Fejl på enkeltkomponenter eller alarmsystemer fører sjældent til manglende levering af energi hos forbrugere.

Der udarbejdes en årlig rapport om de forstyrrelser og fejl, der har været i nettet over 100 kV. Derudover udarbejdes der også en årlig rapport om udnyttelsen af HVDC-forbindelser med fejl, begrænsninger, tilgængelighed osv. Analyserne og statistikkerne udgives i regi af ENTSO-E og udarbejdes af de

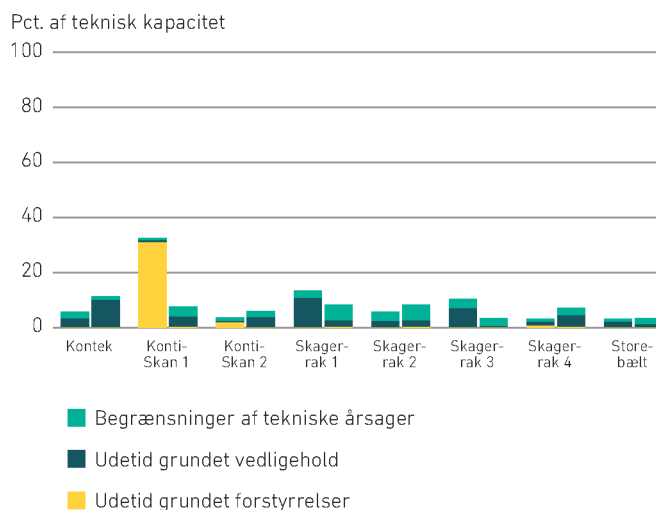
FIGUR 9: ILLUSTRATION AF DEN PROCENTVISE FORDELING AF FEJL I VEKSELSTRØMSNETTET (HVAC),

Kilde: DISTAC, Nordic and Baltic Grid Disturbance Statistics 2015.



FIGUR 10: NUVÆRENDE RESULTATER FOR ÅRSAGER TIL UDETID OG BEGRÆNSNINGER FOR DANSKE HVDC-FORBINDELSER.

Kilde: DISTAC, Nordic and Baltic HVDC Utilisation and Unavailability Statistics 2016.



nordiske og baltiske lande. Formålet er at få en ensartet metode til at klassificere og beregne antallet af forstyrrelser og fejl i hele Norden og Baltikum.

#### Rapportering for vekselstrømsnettet (HVAC)

Statistikken for HVAC-nettet "Nordic and Baltic Grid Disturbance Statistics" er en teknisk hændelsesrapportering, der giver indblik i fejlfrekvenser, årsager, komponenter med mange fejl og leveringssikkerhed.

I 2016 var der 51 fejl i det danske net på spændingsniveau over 100 kV, og til sammenligning var der 79 fejl i 2015. 10 års-gennemsnittet er fra 2007 til 2016 på 58 fejl. Antallet af fejl, der forårsagede afbrud af forbrugere, var på 13 i 2016 og til sammenligning var der 7 i 2015.

Ud af de tre største fejl i nettet over 100 kV i 2016 var to aldersrelateret, hvor hhv. en adskiller og samleskinne knækkede ved kobling. Den største fejl førte til, at forbrugerne i området var uden strøm i ca. 26 minutter.

Den næststørste fejl skete på grund af saltaflejringer på isolatorer som følge af stormen Urd. Forbrugerne i området var uden strøm i ca. 24 minutter.

#### Rapportering for jævnstrømsforbindelserne (HVDC)

For Danmarks vedkommende omfatter HVDC-rapporten en række udlandsforbindelser og Storebæltforbindelsen. Statistikken, "Nordic and Baltic HVDC Utilisation and Unavailability Statistics", indeholder informationer om, hvordan de nordiske HVDC-forbindelser påvirkes af begrænsninger i nettet af tekniske årsager eller af fejl og vedligehold.

I 2015 og 2016 var der 24 fejl på forbindelser til/fra Danmark. Der var ikke nogen langvarige fejl i 2016.

### 2.2.6 Systemydelse

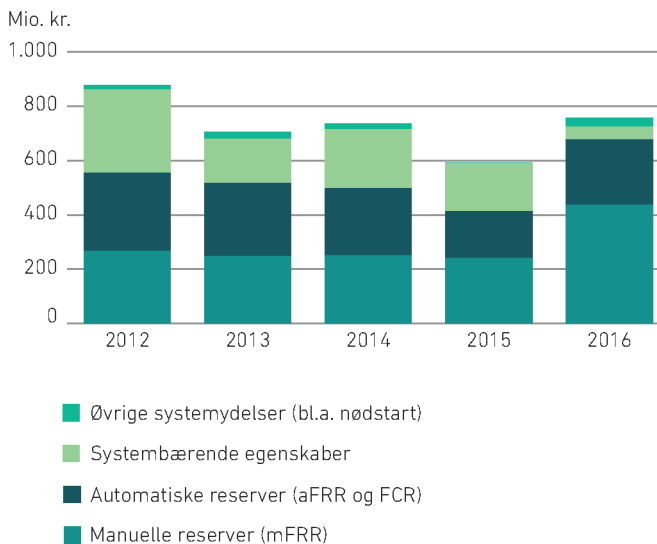
Systemydelse er et samlet begreb for de produktions- og forbrugsressourcer, som Energinet køber til at stå til rådighed i driftstimen, og som aktiveres automatisk eller manuelt til at sikre balancen i elsystemet. Systemydelse består af reserver, balancekraft og systembærende egenskaber.

Formålet med deres brug er at opretholde balancen og stabiliteten i elsystemet. Energinet arbejder løbende på at udvikle markederne for systemydelse for at sikre en velfungerende konkurrence og en samfundsøkonomisk hensigtsmæssig fremskaffelse af de nødvendige systemydelse.

Der er i årene 2012 til 2016 årligt købt systemydelse på mellem 600 og 900 mio. kr. Samlet set er der sket en stigning i omkostningerne på ca. 150 mio. kr. fra 2015 til 2016.

Den største ændring fra 2015 til 2016 er, at omkostningerne til manuelle reserver er steget betragteligt. Det skyldes erstatningsindkøb ved revision af en blok på Kyndbyværket, der normalt leverer manuelle reserver. I revisionsperioden måtte Energinet beordre et kraftværk i drift for at skaffe

FIGUR 11: SAMLEDE OMKOSTNINGER TIL SYSTEMYDELSE I 2012–2016, DER DÆKKER BÅDE INDKØB AF RESERVER OG SYSTEMBÆRENDE EGENSKABER.



## SYSTEMBÆRENDE EGENSKABER

VED SYSTEMBÆRENDE EGENSKABER FORSTÅS DE YDELSER, DER ER NØDVENDIGE FOR AT OPRETHOLDE EN SIKKER OG STABIL DRIFT AF ELSYSTEMET, OG SOM IKKE TILVEJBRINGES I ELMARKEDERNE:

- **Frekvensstabilitet:** Opretholdelse af stabil frekvens, udover hvad balanceringen i de aktive effektmarkeder formår. Inerti er den relevante egenskab.
- **Spændingsstabilitet:** Opretholdelse af stabil spænding med mindst mulig transport af reaktiv effekt og maksimering af den aktive effekttransport. Dynamisk spændingsregulering er den relevante egenskab.
- **Kortslutningseffekt:** Opretholdelse af et passende kortslutningseffektniveau som muliggør drift af elsystemet, så både de klassiske jævnstrømsforbindelser og anvendte relæbeskyttelser kan fungere korrekt.

Systembærende egenskaber leveres blandt andet af termiske anlæg i drift og synkronkompensatorer og effekten reduceres over længere afstande. En systembærende enhed i Nordjylland kan eksempelvis levere 'stærke' systembærende egenskaber i Nordjylland, men 'svagere' egenskaber i Sønderjylland.

tilstrækkelige reserver, og priserne i auktionerne var meget høje. I løbet af auktionens første uge steg udbuddet af reserver, hvilket betød, at priserne faldt betragteligt, og at det i resten af revisionsperioden ikke var nødvendigt at beordre kraftværker i drift.

Omkostningerne til indkøb af systembærende egenskaber er faldet med ca. 120 mio. kr. fra 2015 til 2016. Faldet skyldes primært de opdaterede analyser af behovet for systembærende egenskaber, som har reduceret de planlagte beordringer betydeligt.

Stigningen i omkostninger til planlagte beordringer efter elforsyningsloven skyldes, at der har været væsentligt flere monopolsituationer pga. geografiske bindinger i sommerudbuddet i 2016, sådan at markedskontrakter ikke har været mulige. Omkostningen til indkøb af markedskontrakter er derfor også faldet.

TABEL 4: OPDELING AF OMKOSTNINGER TIL INDKØB AF SYSTEMBÆRENDE EGENSKABER PÅ MARKEDSKONTRAKTER OG BEORDRINGER.

OMKOSTNINGER TIL SYSTEMBÆRENDE EGENSKABER				
Mio. kr.	2013	2014	2015	2016
<b>Planlagt</b>				
• Markedskontrakter	104	164	171	18
• Beordret efter Elforsyningsloven	0	0	0	30
<b>Ikke-planlagt</b>				
• Beordret efter Elforsyningsloven	57	54	6	0
I alt	161	217	177	48

Note: "Planlagt" refererer til, at beordringen er udmeldt typisk flere uger forud. Herunder refererer "markedskontrakter" til indkøb i sommerperioden, hvor der har været konkurrence. "Beordret efter Elforsyningsloven" refererer derimod til situationer uden konkurrence, eller et meget specifikt behov ikke har muliggjort konkurrence, men kun bilaterale forhandlinger.

**"Arbejdet med at sikre elforsyningsikkerhed er under stor forandring pga. den grønne omstilling med meget mere vind- og solenergi. "**

#### Ønsker om afvikling af værker og aflyste revisionsansøgninger

Der udarbejdes årligt en revisionsplan, hvor revisioner på centrale kraftværker fremgår. Revisionsplanen koordineres af Energinet mellem kraftværker, nabo-TSO'er og Energinet. Når revisionsplanen er godkendt af Energinet, kan Energinet ikke afvige herfra uden at kompensere det berørte kraftværket. I 2016 har Energinet ikke aflyst revisioner planlagt i revisionsplanen.

Der har i 2016 været flere ansøgninger om forlænget startvarsel ("mølpose-lægning") af termiske kraftværker. I hver enkelt situation har Energinet vurderet de forsyningssikkerhedsmæssige konsekvenser.

I en række tilfælde har Energinet vurderet, at det ansøgte startvarsel ville betyde en uacceptabel forringelse af forsyningssikkerheden, og har derfor kun givet tilladelse til et kortere startvarsel end det ansøgte.

#### 2.2.7 Rådighed på centrale kraftværker

Den gennemsnitlige rådighed på den centrale kraftværksproduktion i Danmark læner sig op ad tidligere års niveauer. Den gennemsnitlige rådighed på central kraftværksproduktion var i 2015 79 pct. af teknisk kapacitet og i 2016 73 pct. af teknisk kapacitet. Når rådigheden ikke er 100 pct., skyldes det hovedsageligt revisioner og havarier.

Det forventes, at i situationer med høje priser i elmarkedet vil rådigheden være væsentlig højere end gennemsnittet.

### 2.2.8 Beredskabshændelser

I elsystemet indtræffer der jævnligt hændelser. De fleste af disse håndteres af den normale vagtstruktur og bliver derfor ikke betragtet som beredskabshændelser. Beredskabs-hændelser er sjældne, men kan få store konsekvenser for forsyningsikkerheden.

Beredskabshændelser er ofte komplekse og kræver, at flere funktioner og selskaber samarbejder. Derfor kræver

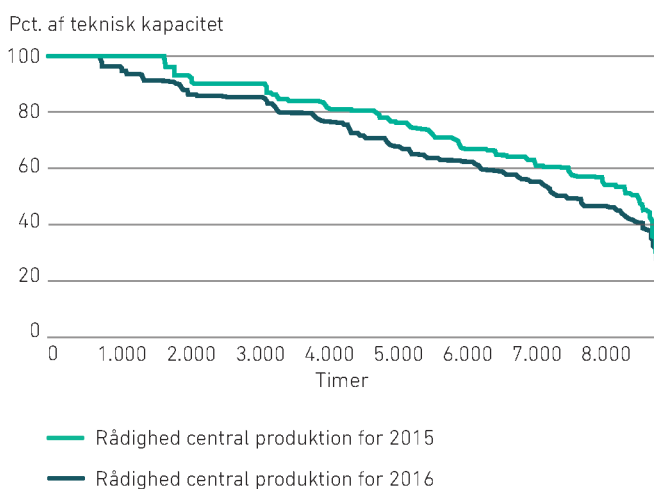
en hændelse ofte samarbejde med aktører uden for sektoren: fx politi, brandvæsen og beredskab.

Der har ikke været nogen større beredskabshændelser i elsystemet i 2016, som har truet forsyningen af forbrugerene.

I 2016 har Energinets beredskab kun været aktiveret i mindre omfang. Det har ikke været nødvendigt at udarbejde hændelsesrapporter til Energistyrelsen.

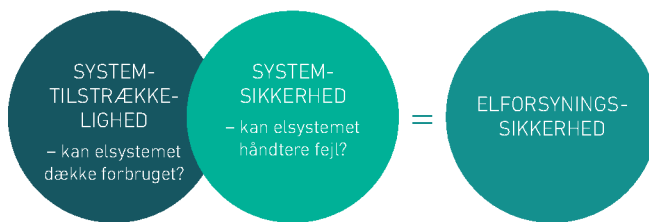
FIGUR 12: VARIGHEDSKURVER FOR RÅDIGHED FOR CENTRAL KRAFTVÆRKS KAPACITET 2015 OG 2016.

Kilde: Udtræk af UMM'er (Urgent Market Messages) fra ENTSO-E's Transparency Platform.



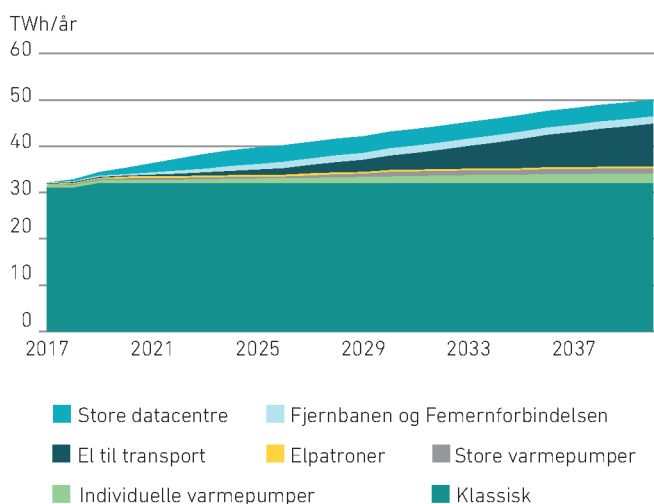
### 3. FREMADRETTET RISIKOVURDERING

FIGUR 13: ILLUSTRATION AF ELFORSYNINGSSIKKERHED, SOM BESTÅR AF SYSTEMSIKKERHED OG SYSTEMTILSTRÆKKELIGHED.



FIGUR 14: FORVENTET UDVIKLING I DET DANSKE FORBRUG OPDELT PÅ KATEGORIER

Kilde: Energinets analyseforudsætninger 2017.



Risikovurderinger for elsystemet opdeles i to kategorier, systemtilstrækkelighed og systemsikkerhed, som i praksis er to delvist overlappende begreber.

Vurdering af systemtilstrækkelighed er en vurdering af elsystemets evne til at dække forbrugernes samlede efterspørgsel og kan underopdeles i effekttilstrækkelighed og nettilstrækkelighed. Effekttilstrækkelighed er systemets evne til at producere tilstrækkelig elektricitet til forbrugerne på de tidspunkter, der er behov for den. Nettilstrækkelighed er transmissions- og distributionssystemets evne til at transportere tilstrækkelig elektricitet, fra hvor den produceres, til hvor den efterspørges. Konsekvensen af manglende systemtilstrækkelighed vil typisk være varslede afkoblinger af forbrugere i begrænsede områder.

Vurdering af systemsikkerhed er en vurdering af elsystemets evne til at håndtere pludselige driftsforstyrrelser forårsaget af fx elektriske kortslutninger eller udfald af et kraftværk eller en transmissionsforbindelse, uden at det påvirker elforsyningen eller medfører strømafbud. Systemsikkerhed udgør den største trussel for det danske elsystem, fordi konsekvensen i værste fald er omfattende blackout i Vest- og/eller Østdanmark.

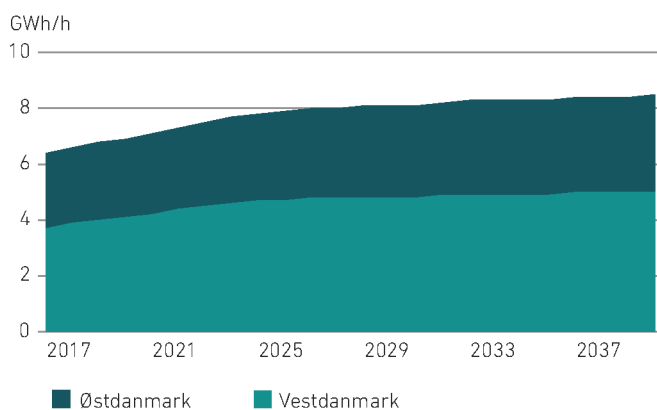
I den fremadrettede risikovurdering lægges vægt på:

- Effekttilstrækkelighed
- Markedsudvikling
- Nettilstrækkelighed
- Systemsikkerhed
- Den daglige drift
- Informationssikkerhed

Risikovurderingen anvendes til at vurdere, om der skal iværksættes mitigerings tiltag for at overholde Energinets målsætning på samlet 20 effektminutter i transmissionsnettet.

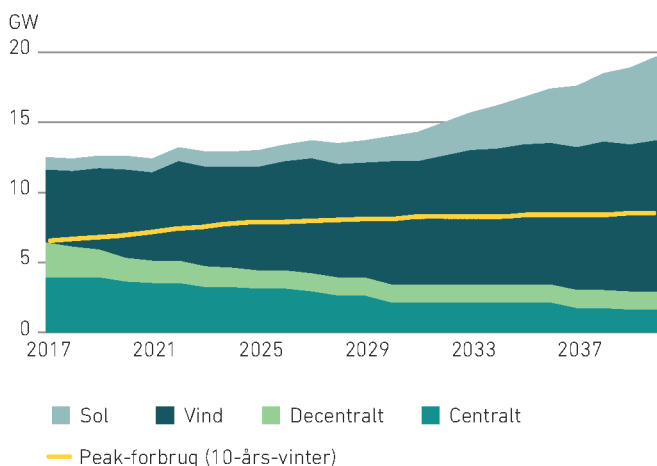
FIGUR 15: FORVENTET UDVIKLING I DET MAKSIMALE EFFEKTFORBRUG PR. TIME (10-ÅRS-VINTER).

Kilde: Energinets analyseforudsætninger 2017.



FIGUR 16: FORVENTET UDVIKLING I DEN INSTALLEREDE DANSKE PRODUKTIONSKAPACITET, SAMT DET FORVENTEDE MAKSIMALE TIMEFORBRUG I EN 10-ÅRS-VINTER.

Kilde: Energinets analyseforudsætninger 2017.



Generelt er den danske forsyningsikkerhed meget høj og den vil også at være høj i de kommende år, omend ikke nødvendigvis på samme niveau. Derfor skal der tages hensyn til udfordringerne bl.a. i forbindelse med den grønne omstilling i de kommende år.

### 3.1 Vurdering af de fremadrettede forudsætninger

Udviklingen i det danske elsystem er essentiel for analyser af forsyningsikkerheden. Forventningerne til de fremadrettede forudsætninger anvendes til at vurdere, i hvilken grad elsystemet selv er i stand til at håndtere forsyningsikkerheden over for forbrugerne. Derfor er det vigtigt jævnligt at vurdere forventningerne til udviklingen i elsystemet.

Energinet udarbejder derfor hvert år sit bedste bud på udviklingen af centrale parametre inden for el- og gasssektoren, kaldet analyseforudsætningerne. Analyseforudsætningerne laves efter inddragelse af og input fra branchen. Forudsætningerne benyttes på tværs af bl.a. analyser, prognoser, budgetter og business cases.

#### 3.1.1 Elforbrug

Der forventes et stigende elforbrug i de kommende år. Det klassiske elforbrug forventes at ligge omtrent konstant på sigt, men en betydelig stigning forventes i andre forbrugskategorier, blandt andet datacentre, varmepumper og elbiler. Den forventede stigning i forbrug frem til 2024 skyldes i høj grad løbende tilslutning af store datacentre.

Stigningen i datacentre medfører også en forventning om markant forøgelse af det forventede maksimale effektforbrug i de kommende år. Forventningen til udviklingen i såvel energi som effekt stiller voksende krav til produktions- og udvekslingskapaciteterne i fremtiden.

### 3.1.2 Produktionskapacitet

Tendensen for dansk produktionskapacitet i disse år er en bevægelse væk fra termisk kapacitet over mod vedvarende energikilder såsom vind og sol. Den samlede installerede produktionskapacitet er stigende, men kan stadig være en udfordring for forsyningsikkerheden, da energiproduktionen vil være mere fluktuerende.

### 3.1.3 Udvekslingskapacitet

Danmark har en betydelig udvekslingskapacitet i forhold til forbrugets størrelse, og denne kapacitet forventes at vokse i det kommende årti. Med de forventede projekter vil udvekslingskapaciteten stige med ca. 4 GW frem til år 2025.

Den nye kapacitet kommer fra fire projekter (første hele år med kommerciel drift):

- en udvidelse af kapaciteten mellem Vestdanmark og Tyskland i to tempi op til 3.500 MW fra 2023
- en ny forbindelse mellem Østdanmark og Tyskland på 400 MW fra 2019 via Kriegers Flak-havmølleparken
- en ny forbindelse mellem Vestdanmark og Holland (COBRACable) på 700 MW fra 2020
- en ny forbindelse mellem Vestdanmark og England (Viking Link) på 1.400 MW fra 2023 (denne forbindelse er under planlægning).

### 3.2 Effekttilstrækkelighed

Effekttilstrækkelighed udtrykker systemets evne til at frem-

skaffe tilstrækkelig elektricitet til at dække forbruget på ethvert tidspunkt. Effekttilstrækkelighed er tæt koblet til elmarkedet. Der kan i markedet opstå mangel på effekt, hvis der er risiko for, at der ikke kan produceres tilstrækkelig elektricitet til at dække det ønskede forbrug.

Det er Energinets målsætning, at risikoen for effektmangel ikke må være større end i dag. Dette svarer til en målsætning om, at maksimalt 5 effektminutter for en gennemsnitsforbruger i et gennemsnitsår må være forårsaget af manglende effekt i det danske system.

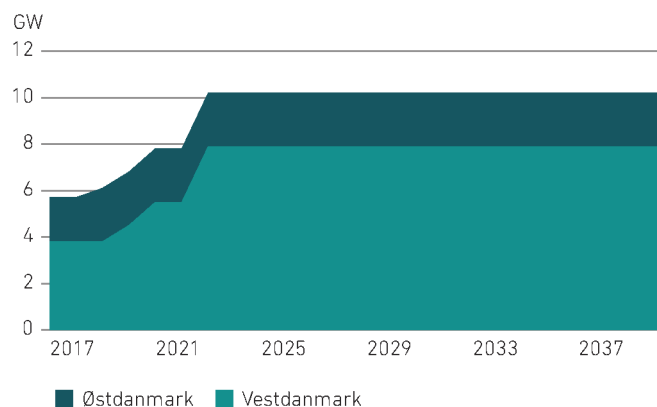
## MÅL FOR EFFEKT-TILSTRÆKKE- LIGHED



- **EUE (Expected Unserved Energy)** angiver ikke-leveret energi pr. år med inkludering af risiko for blackout. Det vil sige det samlede energiforbrug som ikke kan dækkes af produktion.
- **Effektminutter** kan tolkes som forbrugsvægtede afbrudsminutter, og er bestemt ved ikke-leveret energi divideret med det gennemsnitlige minutforbrug for henholdsvis Øst- og Vestdanmark i det simulerede år.
- **LOLE (Loss Of Load Expectation)** angiver antallet af timer med effektunderskud uanset underskuddets størrelse.
- **LOLP (Loss Of Load Probability)** angiver sandsynligheden for effektunderskud i en given time ( $LOLE=8760 \times LOLP$ ).

FIGUR 17: FORVENTET NOMINEL IMPORTKAPACITET PÅ DANMARKS UDLANDSFORBINDELSER.

Kilde: Energinets analyseforudsætninger 2017.





TABEL 5: EFFEKTTILSTRÆKKEIGHEDSVURDERING FOR ØSTDANMARK. BASISRESULTATER.

ØSTDANMARK 2018-2025				
	EUE (MWh/år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer/år)	LOLP (%)
2018	186	7	0,5	0,01
2019	97	3	0,2	0,00
2020	316	11	0,7	0,01
2025	1002	33	1,8	0,02

De fremtidige risikovurderinger foretages med Energinets FSI-model. Modellen estimerer risikoen for effektmangel i det danske elsystem. Resultaterne opgøres separat for Øst- og Vestdanmark.

### 3.2.1 Effekttilstrækkelighedsanalyser

Analyser af effekttilstrækkeligheden i Danmark frem mod 2025 viser, at det er Østdanmark, som har størst risiko for effektmangel. Det hænger blandt andet sammen med større indenlandsk produktionskapacitet samt flere og større udlandsforbindelser i det vestdanske system end i det østdanske system.

Med Energinets analyseforudsætninger viser alle analyseresultaterne for Vestdanmark en risiko på mindre end et effektminut pr. år, og overholder således Energinets målsætning for effekttilstrækkelighed. Derfor præsenteres i det følgende udelukkende resultater for Østdanmark.

Basisresultaterne, hvor revisions- og havarisandsynligheder er baseret på historiske data, viser, at risikoen for effektmangel i Østdanmark generelt er stigende på langt sigt. I 2019 forbedres effektsituationen ved idriftsættelse af udlandsforbindelsen Kriegers Flak. De beregnede 7 minutter svarer til, at en gennemsnitlig forbruger forventes at få leveret 99,9987 pct. af den ønskede energi og 33 minutter svarer til 99,9937 pct.

Den generelt mere anstrengte effektbalance skyldes ændrede forventninger i analyseforudsætningerne. For

## FSI-MODELLEN

Modellen Forsyningsikkerhedsindeks (FSI) er Energinets værktøj til at belyse forventede fremtidige effekttilstrækkelighedssituationer. Modellen er stokastisk, og på timebasis simulerer modellen hændelser i elsystemet, som kan føre til mangel på effekt.

Hvert år, der analyseres, laves et antal gennemregninger (typisk 300) for at repræsentere mulige kombinationer af hændelser. Modellens resultater beskriver dermed et gennemsnit på tværs af alle gennemregningerne for et enkelt år.

FSI-modellen bygger på historiske tidsserier på timebasis for forbrug og fluktuerende produktion (vind og sol). Produktion fra termiske anlæg og import via udlandsforbindelser er stokastiske. Det stokastiske element repræsenteres med sandsynligheder for havari eller revision. Derfor vil termiske produktionsanlæg og udlandsforbindelser ikke kunne levere energi til at dække forbruget et antal timer i hver gennemregning. Hvor mange og hvilke timer bestemmes tilfældigt, og i de timer, hvor store produktionsanlæg og/eller udlandsforbindelser falder ud, skal forbruget dækkes af den fluktuerende produktion fra vind og sol eller resterende termiske anlæg og udlandsforbindelser.

Modellen estimerer risikoen for afbrydelser i det danske system grundet effektmangel. Da modellen er på timebasis, indgår variationer inden for den enkelte driftstime ikke. FSI-modellen er bedst til at regne på forudsætninger, der minder om i dag, fordi FSI-modellen er baseret på historiske tidsserier og uden afledte effekter af mangelsituationer som fx fleksibelt forbrug. FSI-modellen vil have tendens til at overvurdere risikoen for effektmangel i et fremtidigt elsystem, der er væsentligt anderledes fra i dag i forhold til både fysik, marked og internationalt driftssamarbejde (fx år 2025).

det første forventes mindre vindkapacitet i Østdanmark end tidligere forventet, samt faldende termisk kapacitet. For det andet er elforbruget højere i dette års analyseforudsætninger. Fra og med 2020 overstiger risikoen

TABEL 6: FØLSOMHEDSRESULTATER FOR RÅDIGHED PÅ UDLANDSFORBINDELSER I ØSTDANMARK.

RÅDIGHED UDLANDSFORBINDELSER				
	EUE (MWh/år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer/ år)	LOLP (%)
2020 Udetid fordoblet	1.442	51	3,3	0,04
2020 Udetid halveret	119	4	0,2	0,00

TABEL 7: FØLSOMHEDSRESULTATER FOR DATACENTERKAPACITET I ØSTDANMARK.

DATACENTERKAPACITET				
	EUE (MWh/ år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer/ år)	LOLP (%)
2020 – 100 MW ekstra datacenterkapacitet i både DK1 og DK2	542	18	1,1	0,01
2025 – 100 MW ekstra datacenterkapacitet i både DK1 og DK2	1.725	53	3,1	0,04
2025 – Datacenterkapacitet fordoblet i DK1 i forhold til Analyseforudsætningerne, ingen datacentre i DK2	1.051	34	1,9	0,02

for effektmangel derfor Energinets 5-minutters-målsætning.

Bemærk, at det forventede antal timer med effektunderskud i modelsimuleringerne er lavt. Effektmangelsituationer er således sjældne hændelser, også i DK2, og selvom resultaterne er forbundet med usikkerheder, indikerer de, at enkelte situationer med brownouts må forventes over de næste 10 år.

Risikoen for brownout kan reduceres ved fx revisionsplanlægning, markedsløsninger (fx styrket indsats for fleksibelt forbrug), nye rammer for produktionskapacitet og etablering af ny infrastruktur til nye områder.

Mere konkret er der igangsat et projekt, der har til formål at vurdere, hvorvidt en yderligere elektrisk forbindelse til Vestdanmark er en samfundsøkonomisk attraktiv løsning til at styrke effektbalancen i Østdanmark

### 3.2.2 Følsomheder på effektilstrækkelighed

Risikovurderingerne af den fremtidige effektsituation påvirkes i høj grad af inputdata, hvilket illustreres i de følgende følsomhedsanalyser. De forskellige parametervariationer er eksempler og er ikke udtryk for Energinets vurdering af inputparametrenes.

#### Rådighed på udlandsforbindelser

Da Danmark er velforbundet elektrisk til vores nabolande er rådigheden af forbindelserne væsentlig ved vurdering af effektilstrækkeligheden. Rådigheden på udlandsforbindelser påvirker direkte importmulighederne – intet kabel, ingen energi.

Resultaterne viser, at risikoen for effektmangel ved lavere rådighed på udlandsforbindelser stiger betydeligt. Ved fordobling af udetiden på alle udlandsforbindelserne stiger risikoen

TABEL 8: FØLSOMHEDSRESULTATER FOR KRAFTVÆRSKAPACITET/-RÅDIGHED I ØSTDANMARK.

KRAFTVÆRSKAPACITET/-RÅDIGHED				
	EUE (MWh/ år)	Effekt- minutter (min/år)	LOLE (timer/ år)	LOLP (%)
2018 – 200 MW ekstra kraftværkskapacitet	46	2	0,1	0,00
2019 – 200 MW ekstra kraftværkskapacitet	47	2	0,1	0,00
2020 – 200 MW ekstra kraftværkskapacitet	116	4	0,2	0,00
2025 – 200 MW ekstra kraftværkskapacitet	452	15	0,8	0,01
2020 – Centrale værkers havarisandsynlighed fordoblet	613	22	1,4	0,02

for effektmangel markant i Østdanmark. Dette betyder, at risikoen for afbrud i år med ekstra lange udetider på grund af revisioner eller havari er væsentligt forhøjet. Omvendt er risikoen også mindre i år uden lange revisioner eller havarier.

#### Øget datacenterudbygning

Interessen for placering af store datacentre i Danmark har været høj de seneste år. Datacentre er store energiforbru-

gere med et forventet højt kontinuert effekttræk. Derfor vil etablering af ekstra datacentre udover de allerede kendte eller lignende energiforbrugere i høj grad kunne påvirke den generelle effekttilstrækkelighed i det danske elsystem.

Resultaterne viser, at datacentre placeret i Østdanmark vil øge risikoen for effektmangel i det østdanske system. Placering af flere datacentre i Vestdanmark alene vil kun have en marginal indvirkning på effektsituationen i Østdanmark via Storebæltsforbindelsen. Fx vil en fordobling af datacenterkapaciteten i Vestdanmark i 2025 ikke øge risikoen for effektmangel i Østdanmark betydeligt. Da FSI-modellen ikke tager hensyn til lokale forhold, kan der stadig være lokale udfordringer ved idriftsættelse af store energiforbrugere.

#### Rådighed på centrale kraftværker

Tilgængeligheden af termisk produktionskapacitet er væsentlig for risikovurderingerne af effektsituationen.

Ekstra kraftværkskapacitet på 200 MW i Østdanmark vil formentlig nedbringe risikoen i 2018 og 2020 til et niveau inden for Energinets målsætning samt mere end at halvere risikoen i 2025. Modsat vil mindre rådighed på kraftværker, fx via en fordobling af havarisandsynligheden på centrale kraftværker, omtrent fordoble risikoen for effektmangel i 2020.

TABEL 9 : RESULTATERNE AF EFFEKTTILSTRÆKKE-  
HEDSVURDERINGEN I MAF'EN FOR ØSTDANMARK 2020.

	EUE (MWh/år)	LOLE (timer/år)	LOLP (%)
Østdanmark 2020 & 2025 (Base case)			
2020	0	0	0,00
2025	8	0,37	0,00
Østdanmark 2020 (Følsomhed)			
2020	0	0	0,00

### 3.2.3 Fælles nordiske og europæiske effekttilstrækkelighedsvurderinger

Energinet samarbejder med andre europæiske og nordiske TSO'er omkring fælles effekttilstrækkelighedsvurderinger. Metoden hertil er baseret på probabilistiske principper.

Metoden er velegnet til at evaluere, hvorledes udlandsforbindelser bidrager til effekttilstrækkeligheden, og hvordan udlandsforbindelser tilføjer andre typer af risici.

I 2016 udgav ENTSO-E deres Mid-term Adequacy Forecast (MAF) for første gang. Formålet med MAF'en er at vurdere risikoen for effektmangel i de europæiske prisområder på mellemlangt sigt (op til 10 år frem). Vurderingen foretages på baggrund af en fælles europæisk analyse, hvor fire forskellige markedsmodeller simuleres på det samme dataset.

I den første udgave af MAF omfattede metoden endnu ikke havarisandsynligheder for AC-forbindelser (eksempelvis Øresundskablerne fra Sjælland til Sverige), og resultaterne i tabel 10 undervurderer derfor effekttilstrækkelighedsrisikoen for Danmark.

Havarisandsynlighed for AC-forbindelser vil blive inkluderet i 2017-versionen. Arbejdet med MAF 2017 pågår, og første udkast forventes udgivet sommeren 2017.

Resultaterne fra Energinets markedssimuleringer til MAF 2016 inkluderede en basis case og en følsomhed. I basis case

er reserver og havarisandsynlighed for udlandsforbindelser ikke medregnet. I følsomheden er reserver samt havarisandsynlighed på HVDC-forbindelser tilføjet. Følsomheden ser kun på 2020.

Resultaterne fra MAF 2016 viser ikke helt det samme billede af en presset effektsituation i det danske system som FSI. Dette kan dels bunde i forskelle i metode og inputparametre (fx udetid på udlandsforbindelser), men kan dels også indikere, at FSI-antagelserne omkring udlandsdata og udlands-tilgængeligheder er for pessimistiske. Energinet forventer på sigt at erstatte FSI-modellen med den europæiske model.

### 3.2.4 Længere perioder hvor import dækker forbruget

I takt med den grønne omstilling og udfasningen af termisk kapacitet stiger import fra udlandsforbindelser. Øget handel over grænser betyder, at der er flere timer, hvor vi importerer, men omvendt også timer, hvor vi eksporterer mere.

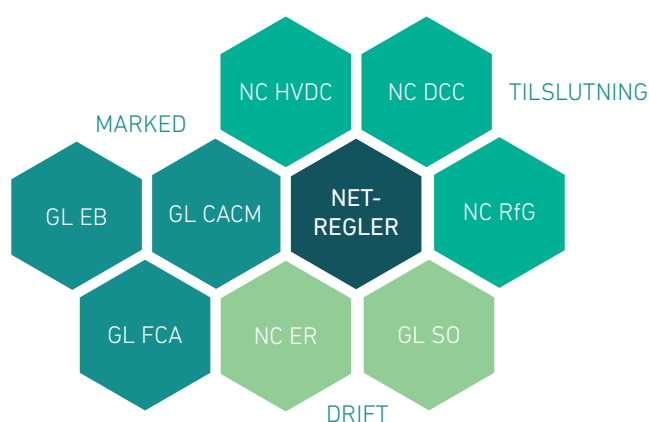
Perioder, hvor import er nødvendigt for at dække forbruget, forventes at

TABEL 10: ANDEL AF TIMER MED  
STØRRE FORBRUG END PRODUK-  
TIONSKAPACITET I DANMARK.

ANDEL AF TIMER PÅ ET ÅR (%)	
2018	7,7
2019	9,7
2020	18,3
2025	30,2

FIGUR 18: ILLUSTRATION AF NETREGLER OG DERES IND-BYRDES SAMMENHÆNG.

Note: Følg arbejdet med netregler på <http://networkcodes.entsoe.eu/>.



stige til ca. 30 pct. frem mod 2025. Omvendt betyder dette, at Danmark i 2025 forventes at kunne dække eget forbrug ca. 70 pct. af tiden. I de samme 70 pct. af tiden vil Danmark derfor forventes at have kapacitet til eksport til rådighed.

### 3.2.5 Strategisk reserve i Østdanmark

Som led i arbejdet med at sikre effekttilstrækkeligheden i Østdanmark har Energinet ønsket at lave en 'strategisk reserve' i Østdanmark i perioden 2016-2018, som skulle bidrage til forsyningen i særligt kritiske situationer. I december 2015 valgte Energinet dog at annullere udbuddet. Annulleringen kom som konsekvens af, at Energinet ikke forventede at kunne realisere udbuddet, da Europa-Kommissionen umiddelbart anså reserven som værende i strid med EU-reglerne om statsstøtte.

Siden da har Europa-Kommissionen udarbejdet en sektorundersøgelse omkring kapacitetsmekanismer. På den baggrund er det stadig Energinets vurdering, at det ikke er muligt at kunne gennemføre et udbud for en strategisk reserve i perioden 2016-2018. Energinet reducerer risikoen for at afkoble forbrugere i mangelsituationer i Østdanmark gennem bedre koordinering af revisioner på udlandsforbindelser, kraftværker og egne anlæg samt belønne kortere udetid i anlægsprojekter og anvende forkortet startvarsel på kraftværker. Hertil kommer, at Energinet har sikret forkortet startvarsel på et enkelt kraftværk.

### 3.3 Markedsudvikling

Den nuværende markedsmodel medvirker til at optimere anvendelsen af eksisterende produktionsanlæg og til at sikre balance mellem forbrug og produktion.

I øjeblikket er der to centrale udviklingstendenser inden for markedsudvikling:

- **Udvikling af europæiske netregler** for elmarkedet. Netreglerne bidrager til forsyningssikkerheden ved at harmonisere markedsreglerne og dermed mulighederne for bedre at udnytte både produktionskapacitet og transmissionskapacitet på tværs af grænser.
- **Udvikling af den fremtidige markedsmodel** med udgangspunkt i energy-only-markedet, hvor klare prissignaler skal sikre tilstrækkelig fleksibilitet og kapacitet, som konkluderet i Markedsmodel 2.0-projektet.

### Markedsmodel 2.0

Som initiativer til de tre problemstillinger identificeret i Markedsmodel 2.0-projektet fra 2015 blev der identificeret tre udviklingsbehov:

- **Kapacitet:** Der er brug for nye mekanismer for at kunne opretholde Energinets målsætning for forsyningssikkerhed. Det bør primært være ud fra klare prissignaler i en energy-only-markedstilgang, fx højere prisloft.
- **Fleksibilitet:** Der er brug for mere fleksibilitet hos forbrugerne og incitamentter til yderligere fleksibilitet hos producenter og forbrugere. Derfor skal markedsregler tilpasses, ligesom der er brug for nye forretningsmodeller på markedet.
- **Kritiske egenskaber:** Der er behov for at undersøge, hvad fremtidige behov er, om der kan designes nye måder for at fremskaffe og afregne for de kritiske egenskaber.

Udfordringen med sikring af korrekte incitamentter til fleksibilitet i markedet

er adresseret via en række initiativer, som Energinet arbejder på at få gennemført.

### 3.4 Nettilstrækkelighed

Nettets evne til at transportere elektriciteten derfra, hvor den produceres, og dertil hvor den efterspørges, betegnes

som nettilstrækkelighed, og det er et afgørende element i opgørelsen af den samlede elforsyningsikkerhed.

Størstedelen af 132 kV- og 150 kV-nettet blev etableret fra 1960'erne og frem til 1990'erne, og store dele af denne anlægsmasse står derfor over for at skulle reinvesteres inden for de næste 10-15 år.

Den grønne omstilling og befolkningstilvæksten i byerne bevirker også, at der i de næste mange år må forventes et stort antal reinvesteringsarbejder, udbygninger og saneringer i transmissionsnettet.

For at gennemføre det samlede planlægningsarbejde effektivt udarbejder Energinet en RUS-plan.

#### 3.4.1 Udbygninger

For at sikre et passende niveau af nettilstrækkelighed er der i årene fremover behov for at udbygge transmissionsnettet i størstedelen af Jylland samt på Sydsjælland og Lolland-Falster på grund af indpasning af elproduktion fra VE-anlæg.

Derudover kan behovet for netforstærkninger stige på sigt som følge af de store datacentre, som er på vej ved Viborg og Odense.

Endelig har København behov for reinvesteringsarbejder og udbygninger, jf. afsnit 3.4.3.

#### 3.4.2 Reinvesteringer

Energinet prioriterer vedligehold og reinvesteringsarbejder i højere grad ud fra et anlægs konkrete tilstand og kritikalitet end ud fra fastlagte tidsintervaller, som det tidligere har været tilfældet.

Anlæg, som både har en dårlig tilstand, og som samtidig er kritiske for driften af elsystemet, får højeste prioritet. Dette bidrager i større grad



## RUS-planen

(REINVESTERING, UDBYGNING, SANERING)

I nogle tilfælde kan det tage adskillige år, fra et problem er erkendt, og indtil nødvendige anlæg er etableret til at løse problemet. Koordineringen bidrager til at optimere den planlagte udetid i nettet samt til at identificere synergi i projekterne.

RUS-planen er en væsentlig del af grundlaget for Energinets arbejde med at sikre forsyningsikkerheden på en økonomisk optimal måde.

RUS-planen udarbejdes hvert andet år og Energinets første RUS-plan udkom den 28. februar 2017.

RUS-planen viser behovet for udbygninger og reinvesteringsarbejder for de kommende 10 år. RUS-planen er baseret på den udvikling, der er givet i Energinets analyseforudsætninger, reinvesteringsanalyser på det eksisterende transmissionsnet og øvrige forhold.

end tidligere til fortsat høj forsyningssikkerhed, men på en mere omkostningseffektiv måde.

For tiden udgør reinvesteringsprojekter omtrent 20 pct. af de samlede planlagte investeringer i nettilstrækkelighed. Det forventes fremadrettet, at reinvesteringsprojekter vil udgøre en stadig stigende andel af de samlede reinvesteringer, udbygninger og saneringer.

### 3.5 Systemsikkerhed

Systemsikkerhed er elsystemets evne til at håndtere pludselige driftsforstyrrelser. Systemet skal være robust og kunne klare udfald af vigtige interne forbindelser, kraftværker og udlandsforbindelser, uden at det samlede system kommer ud af balance eller bryder sammen. Systemsikkerhed handler om dynamikken i systemet, lige når fejlen sker og i sekunderne derefter.

Gennem de seneste år har Energinet i samarbejde med den tyske TSO TenneT aktiveret en betydelig mængde specialregulering fra det nordiske regulerkraftmarked hos leverandører i Vestdanmark, som afhjælper netproblemer i det nordtyske transmissionsnet. Netproblemerne opstår typisk i forbindelse med håndteringen af høj vindproduktion i Nordtyskland.

### Behov for systembærende egenskaber fremadrettet

Flere vindmøller, mindre kapacitet på kraftværker, forandringer i kraftvarmesektoren, flere og stærkere udlandsforbindelser. Elsystemet er under stor forandring, og flere, færre eller nye komponenter ændrer behovene. Energinet har siden 2015 analyseret det nuværende og fremtidige behov for systembærende egenskaber i Vest- og Østdanmark. I 2015 lå fokus på analyse af Vestdanmark. Siden da har Energinets analyser primært fokuseret på behovet i Østdanmark.

Analysen for Østdanmark viste, ligesom det var tilfældet i Vestdanmark, at behovet for systembærende egenskaber udover systemets eget bidrag, primært drejer sig om tilstrækkelige muligheder for dynamisk spændingsregulering. Analysen viste videre, at behovet i Østdanmark i normale driftssituationer kan dækkes,

## KØBENHAVNS FORSYNING OG REINVESTERING



Den forventede stigning i elforbruget i København, kombineret med at termiske kraftværker nedlægges eller har færre driftstimer, har medført at ny forsyningsstruktur til København og omegn overvejes. Derudover er en del af kablerne ind til byen ved at være udtjente og må tages ud af drift i længere perioder grundet fejl.

En stor del af Københavns elforbrug forventes at skulle forsynes via

eltransmissionsnettet af produktionskapacitet uden for København. Samtidig skal der være spillerum til planlagt udetid såvel som force majeure på vigtige forsyningslinjer.

Energinet har derfor flere projekter under forberedelse til både at sikre reinvesteringer internt i København og forsyningen fra det øvrige Sjælland ind til København. Reinvesteringsprojektet består af en løbende erstatning af 132

kV-kablerne ind til København prioriteret ud fra kritikalitet og tilstand. For at sikre den langsigtede forsyningssikkerhed for København forventes etablering af ny infrastruktur i København.

Allerede i dag vurderer Energinet løbende behovet for lokal produktion i København. Energinet iværksætter ved behov tiltag som fx beordringer for at sikre en fortsat høj forsyningssikkerhed i København.

når én systembærende enhed er i drift, fx et centralt kraftværk eller én af Energinets to synkronkompensatorer i Østdanmark.

En forudsætning for det nye behov er en smartere anvendelse af eksisterende komponenter i elsystemet via automatisering. Det var tidligere vurderet nødvendigt at have tre systembærende enheder i drift, fx begge synkronkompensatorer og minimum ét kraftværk i drift, og med yderligere en systembærende enhed klar til opstart.

### 3.5.1 Risikovurdering af hændelser som kan påvirke systemsikkerheden

I Danmark har vi tidligere oplevet blackout, og det er umuligt at undgå, at det vil ske igen. Under uheldige omstændigheder er der altid risiko for systemsammenbrud. Kunsten er at forebygge og begrænse omfanget, når det sker.

Risikovurderingen af systemsikkerhed er baseret på tværgående analyser og tager udgangspunkt i udvalgte kritiske situationer. Der findes uendelig mange kritiske situationer, som kan lede til strømafbud. De fleste af situationerne er dog meget usandsynlige og/eller giver kun anledning til mindre afbud.

At sandsynliggøre alle risici for afbud er i praksis ikke muligt. Det er derfor nødvendigt at definere minimumskrav for elsystemet for at gøre en sandsynlighedsbaseret risikotilgang brugbar i praksis.

Forebyggelsen sker først og fremmest gennem løbende forbedring af de eksisterende rammer for driften af elsystemet. Fx effektive driftskriterier, god håndtering af reserver og systembærende egenskaber, sikring af hurtig genetablering ved afbud, velfungerende internationalt samarbejde og beslutningsstøtte gennem dynamiske analyser og risikovurderinger.

### 3.6 Revisionsplanlægning

Et vigtigt element for at opretholde forsyningsikkerheden ligger i en omhyggelig revisionsplanlægning. Revisionsplanlægningen bliver kun vigtigere i fremtiden på grund af færre større enheder, som i dag ikke behøver at melde revisioner ind.

Der vil i fremtiden være et behov for en øget detaljeringsgrad i revisionsplanlægningen for blandt andet at kunne sikre et optimalt samspil mellem central og decentral produktion i en fremtid, hvor der vil være en øget ikke-central produktion.

**”Fremover kommer samarbejde på tværs af landegrænser, samarbejde i hele værdikæden, mere IT-understøttelse og fleksibilitet i elforbrug til at spille en langt større rolle end i dag”**

På grund af en forventning om en lavere effektilstrækkelighed i Østdanmark skal der i fremtiden også anvendes samfundsøkonomiske principper for hvad der skal ske, når revisionsplanen ikke kan opretholde effektilstrækkeligheden og den dermed skal sikres på anden vis, fx ved flytning af revisionsperioder for kraftværker.

Energinet arbejder på at sikre en mere transparent revisionsplanlægning, hvilken både skal sikre overholdelse af de kommende netværkskoder og samtidig sikre klarere samfundsøkonomiske principper i revisionsplanlægningen.

### 3.7 Driftssamarbejde på tværs af grænser

Danmark er afhængig af velfungerende samarbejdsrelationer og driftsaftaler med vores nordiske og europæiske naboer for at opnå en sikker og effektiv drift af Danmarks elsystem.

I dag har Energinet driftsaftaler i nordisk regi, med det centraleuropæiske driftssamarbejde TSC, og bilateralt med alle lande, med hvilke Danmark har udlandsforbindelser. Derudover er Energinet også en del af et tæt nordisk driftssamarbejde Nordic RSC (Regional Security Coordinator), som forventes i fuld drift ved udgangen af 2017.





Forskønnelsesprojekt Lillebælt.

Fremadrettet vurderer Energinet, at der bør være et ekstra fokus på drifts-samarbejdet på tværs af grænser, herunder Danmark ses i en regional i stedet for en national kontekst.

Regionalisering står højt på den europæiske dagsorden og har derfor prioritet for Danmark. Det skyldes, at

regionale løsninger ses som nødvendige for at sikre og tilgodese forsynings-sikkerheden i et elsystem med mere og mere vedvarende energi.

I 2016 begyndte arbejdet med oprettelse af Nordic RSC. Kontoret er placeret i København, og det har været bemanded siden november 2016. Det

forventes, at Nordic RSC vil være fuldt implementeret ved udgangen af 2017. Kontoret har som hovedformål at løse fem specifikke opgaver i forhold til de nordiske nationale TSO'er, hvilket skal være med til at øge koordineringen og samtidig optimere hele det nordiske elsystem.

# NORDIC RSC HAR FEM OPGAVER

- 1. FÆLLES NETMODEL**  
Nordic RSC skal etablere en fælles netmodel, der hver time giver et overblik over alle væsentlige aktiver på nettet i hele det nordiske område (i forhold til produktion, transmission og forbrug).
- 2. KOORDINERET SIKKERHEDSBEREGNING**  
Nordic RSC skal identificere risici for den operationelle sikkerhed og anbefale forebyggende handlinger over for den enkelte TSO.
- 3. KOORDINERET KAPACITETSBEREGNING**  
Nordic RSC skal beregne overførselskapaciteter over grænser og maksimere den overførselskapacitet, der tilbydes markedet.
- 4. KOORDINERET UDETIDSPANLÆGNING**  
Nordic RSC skal føre et fælles register over alle planlagte udetider for aktiver på nettet (højspændingsledninger, generatorer etc.) og effektivisere styringen af vedligehold.
- 5. KOORDINERET BEREGNING AF TILGÆNGELIG PRODUKTIONSKAPACITET**  
Nordic RSC skal forsyne markedsaktører med prognoser for produktion, forbrug og nettets driftstilstand op til flere uger i forvejen.

---

## HVAD ER EN RSC?



Nordic RSC er et samarbejde mellem TSO'er i Norge, Sverige, Finland og Danmark (Statnett, Svenska Kraftnät, Fingrid og Energinet).



En RSC (Regional Security Coordinator) styres og drives af de TSO'er som er med i det regionale samarbejde.



En RSC laver avancerede beregninger og en regional model af nettet, som skal danne baggrund for en mere effektiv drift af nettet på tværs af grænser.



En RSC har ikke operationel kontrol over den enkelte TSO's net.

---



KontrolCenter EL i Erritsø.

## HVILKEN VÆRDI SKABER NORDIC RSC?



Nordic RSC skal lave den samme type beregninger af kapaciteten i elnettet, prognoser for produktionsbehov, sikkerhed i elnettets drift, forsyningssikkerhed mm., som hver enkelt TSO i dag laver for sit eget område.

Forskellen er, at Nordic RSC skal lave beregningerne og prognoserne for hele det nordiske område og på den måde finde grænseoverskridende løsninger. Dette nordiske regionale samarbejde vil på sigt styrke forsyningssikkerheden i et elsystem med mere og mere vedvarende energi.

### 3.8 Informationssikkerhed

Øget anvendelse af IT har skabt store udviklingsmuligheder i elsektoren både forretningsmæssigt og teknologisk.

Anvendelsen af IT er en af de væsentlige forudsætninger for at integrere store mængder af vedvarende energi i elsystemet og for at gøre det muligt at optimere driften af elnettet i driftsøjeblikket ved hjælp af realtidsmålinger.

Den større afhængighed af IT betyder, at elsystemet derved bliver mere sårbart, hvis IT ikke skulle være tilgængeligt, eller der er fejl i disse systemer. Det er derfor relevant at udvide begrebet systemsikkerhed til eksplicit at omfatte informationssikkerhed og opetid på IT-systemer.

Historisk set har brist i informationssikkerheden eller IT-opetid ikke haft alvorlige konsekvenser for den danske elforsyning.

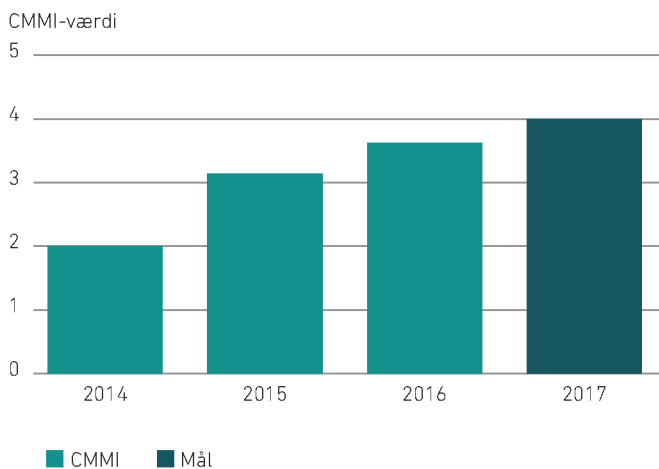
Energinet har igennem flere år haft særlig fokus på at sikre forsyningskritiske IT-systemer og træne beredskabssituationer, hvor systemerne er utilgængelige. Der er løbende foretaget forskellige former for test af systemerne, kontrollerede hackerangreb og informationskampagner internt i Energinet.

Energinet vurderer, at der er behov for fokus på informationssikkerhed for hele værdikæden. Dels fordi informationsteknologien i dag er vital for driften af energisystemerne, og dels fordi trusselsbilledet har ændret sig over de seneste år. Den større fokus dækker lige fra system- og serverdrift til kultur og opmærksomhed hos virksomhedernes medarbejdere.

#### ISO 27001

Energinet måler IT-sikkerheden med afsæt i IT-sikkerhedsstandard ISO 27001. Energinet havde et mål om,

FIGUR 19: MODENHED FOR IT-SIKKERHED ANGIVET MED CMMI-VÆRDIER FOR 2014-2016 OG MÅLET FOR 2017.



at modenheten for IT-sikkerhed ved udgangen af 2016 skulle være over middel, hvilket svarer til en gennemsnitlig Capability Maturity Model Integration-værdi (CMMI-værdi) på 3,5 på en skala fra 0-5).

I slutningen af 2016 vurderede PWC, at:

- Energinet nåede sit mål for 2016 om en gennemsnitlig CMMI-værdi på 3,62.
- Hvis nuværende fokus og arbejdsindsats kan opretholdes igennem 2017, vil Energinet kunne nå det fastsatte modenhedsmål for udgangen af 2017 på 4,0.



## MÅL FOR INFORMATIONSSIKKERHED

ET MODERNE ELSYSTEM SKAL VÆRE DESIGNET OG PLANLAGT TIL AT FOREBYGGE OG MODSTÅ ONDSINDEDE ANGREB, DER KAN FØRE TIL EN KRITISK SITUATION FOR ELFORSYNINGEN.

De tre overordnede mål for arbejdet med informationssikkerhed er at sikre tilgængelighed, integritet og fortrolighed:

- **Tilgængelighed:** Sikre at systemer, data og informationer er tilgængelige, når der er brug for det.
- **Integritet:** Sikre at data og informationer er fuldstændige, troværdige, og ikke er blevet forvansket af utilsigtede ændringer.
- **Fortrolighed:** Data og informationer kan have en fortrolighed, der kræver, at de skal beskyttes mod uvedkommende.

# ENERGINET

Tonne Kjærvej 65  
7000 Fredericia  
Tlf. 70 10 22 44

[info@energinet.dk](mailto:info@energinet.dk)  
[www.energinet.dk](http://www.energinet.dk)

