

Elforsyningssikkerhed i Danmark

Rapport fra en arbejdsgruppe om metoder, begreber og
beregninger omkring elforsyningssikkerheden i Danmark

Juli 2015

Indhold

PROJEKTDELTAGERE

Energistyrelsen (formand)

Dansk Energi

Dansk Fjernvarme

DI

Danmarks Vindmølleforening

Energinet.dk

Forbrugerrådet Tænk

Landbrug & Fødevarer

Vindmølleindustrien

Sammenfatning	3	3 Effekttilstrækkeligheden i Danmark frem mod 2025	18
1 Indledning	6	4 Resultater fra DAMVAD's analyse af forbrugers omkostninger ved planlagte og ikke-planlagte strømafbud	21
Tidligere analyser	7	5 anbefalinger	24
Projektets formål	7	Anbefalinger vedrørende metoden anvendt til udarbejdelse af prognoser for effekttilstrækkelighed	25
Afrapportering	8	Anbefalinger vedrørende afrapportering om tilstanden for elforsyningssikkerhed	27
Organisering og inddragelse af interessenter	8	Anbefalinger vedrørende opfølgende arbejde med elforsyningssikkerhed	28
Rapportens opbygning	8	Bilag	
2 Baggrund om elforsyningssikkerhed	9	Projektdeltagere	29
Det danske elsystem	9		
Det danske elsystem i en regional kontekst	11		
Centrale begreber	11		
Elforsyningssikkerhedsniveauet historisk	13		
Ansvar for opretholdelse af elforsyningssikkerhed	14		
Samspillet mellem effekttilstrækkelighed og driften af elsystemet	14		
Stormen Allan	16		
Europæisk og regionalt samarbejde om sikring af elforsyningssikkerhed	16		

Sammenfatning

Det danske elsystem er under hastig forandring. Udbygningen af vedvarende energi og flere elektriske forbindelser til lande med forskellige produktionsteknologier og forbrugsmønstre vil på sigt føre til et dansk elsystem, der er markant anderledes, end det vi kender i dag. De internationale forbindelser betyder, at Danmark i stigende grad indgår i et regionalt elsystem frem for et nationalt elsystem. Lignende tendenser gør sig gældende i vores nabolande, og i marts 2015 tiltrådte Det Europæiske Råd en plan for en Energiunion, hvor der blandt andet lægges op til øget regionalt samarbejde om sikring af elforsyningssikkerheden.

Ved elforsyningssikkerheden forstås "**sandsynligheden for, at der er el til rådighed for forbrugerne, når den efterspørges**". Elforsyningssikkerheden i Danmark er i dag godt 99,99%, svarende til at en gennemsnitlig forbruger ikke har el i omkring 40 minutter om året set over en længere årrække. Langt de fleste afbrydelser af elforsyningen skyldes det lokale elnet. Mangel på elproduktionskapacitet i Danmark har ikke i historisk tid bidraget til manglende levering af el til forbrugerne.

Danmark har høj elforsyningssikkerhed i en international sammenligning. Dette skyldes især kabellægning af nettet, som gør nettet mere robust over for fx storme.

Der kan skelnes mellem tre niveauer mht. bidrag til elforsyningssikkerhed. Distributionsnettets bidrag til afbrydelser er klart det største. På transmissionsniveau skelner man mellem systemtilstrækkelighed og systemsikkerhed. Systemtilstrækkeligheden er et mål for, om der er nok værker, ledninger og udlandsforbindelser installeret. Systemsikkerheden er et mål for, hvor robust elsystemet er for fejl. Energinet.dk har det overordnede ansvar for opretholdelse af elforsyningssikkerheden.

Debatten om elforsyningssikkerhed har ændret fokus de senere år fra kabellægning til sikring af en pålidelig elforsyning under den grønne omstilling. Den store mængde vedvarende energi har indtil videre ikke haft indflydelse på niveauet for forsyningssikkerhed i Danmark. Fremover vil det dog være nødvendigt at sikre, at prognoserne for effekttilstrækkelighed tager højde for vindkraftens rolle i elforsyningen samt for udbygningen af internationale forbindelser.

I januar 2015 igangsatte Energistyrelsen et projekt med det formål at nå til enighed om de overordnede rammer for elforsyningssikkerhed, og samtidigt at opdatere resultaterne fra Energistyrelsens rapport "**Analyse af elnettets funktionalitet**" fra 2014. Centrale aktører i elsektoren blev inviteret til at deltage i projektet.

Projektet har haft tre overordnede opgaver:

- 1** skabe en fælles forståelse for, hvad elforsyningssikkerhed er, og hvordan den opgøres med udgangspunkt i Energistyrelsens rapport fra 2014 "**Analyse af elnettets funktionalitet**"
- 2** opdatere status for effekttilstrækkelighed frem mod 2025
- 3** gennemføre en analyse af omkostninger for forskellige forbrugergrupper ved planlagte og ikke-planlagte afbrydelser af elforsyning

Fælles forståelse for, hvad elforsynings-sikkerhed er, og hvordan den opgøres

Aktørerne, som har deltaget i projektet, er blevet enige om en række anbefalinger til udvikling af prognoser for effekttilstrækkelighed samt til afrapportering om effekttilstrækkelighed specifikt og tilstanden for elforsyningssikkerhed generelt, og det videre arbejde med disse emner.

Der er fem overordnede anbefalinger til udarbejdelse af fremtidige prognoser for effekttilstrækkelighed:

- 1 — Der anvendes en sandsynlighedsbaseret metode i prognoser for effekttilstrækkelighed**
Historisk er effekttilstrækkelighed blevet vurderet ved hjælp af kapacitetsbalancer, hvor antallet af MW fra termiske produktionsanlæg summeres og sammenlignes med det maksimale forbrug. Denne metode er ikke længere retvisende, idet mangel på kapacitet ikke nødvendigvis forekommer i spidslasttimen eller i timer, hvor det er vindstille. En sandsynlighedsbaseret tilgang, som inddrager flere variable (kraftværker, vind, sol, de internationale forbindelser og transmissionsnettet) er en mere retvisende metode.
- 2 — Afrapportering omkring effekttilstrækkelighed opgøres som hyppigheden af forventet effektmangel og forventet ikke-leveret energi**
En sandsynlighedsbaseret tilgang til effekttilstrækkelighed beregner risikoen for, at der opstår effektmangel i en given periode (LOLP; Loss-Of-Load-Probability) samt den forventede mængde af ikke-leveret energi (EUE; Expected Unserved Energy). Begge mål for effekttilstrækkelighed kan omregnes til et antal minutter

pr. år. Beregnede værdier af EUE for fremtidige år kan i princippet sammenlignes med den historiske opgørelse af elforsyningssikkerhed i minutter.

- 3 — Ved udarbejdelse af prognoser for effekttilstrækkelighed suppleres forudsætningerne med en række følsomheder, der afspejler de væsentligste usikkerheder i forhold til sikring af effekttilstrækkeligheden fremover**
Forudsætninger anvendt i effekttilstrækkelighedsanalyser har stor betydning for resultaterne. Eftersom der er stor usikkerhed omkring forudsætningerne, er det vigtigt, at der suppleres med en række følsomheder, som afspejler denne usikkerhed.
- 4 — Prognoser for effekttilstrækkelighed bør, i det omfang det er hensigtsmæssigt, udarbejdes i overensstemmelse med krav til afrapportering om effekttilstrækkelighed, som Danmark har forpligtet sig til internationalt**
På internationalt plan er der flere overvejelser om at udarbejde en fælles metode til at opgøre effekttilstrækkeligheden, blandt andet i ENTSO-E og Energiunionen. Fremtidige prognoser for effekttilstrækkelighed bør, i det omfang det er hensigtsmæssigt, udarbejdes, så de er i overensstemmelse med de internationale metoder.
- 5 — Prisfleksibelt forbrug bør så vidt muligt inddrages i prognoser for effekttilstrækkelighed**
Det anbefales, at prisfleksibelt forbrug inddrages i prognoser for effekttilstrækkelighed og sammenlignes med alternative tiltag til at opnå det ønskede niveau af elforsyningssikkerhed, når der er tilstrækkelig viden og data omkring potentialet for prisfleksibelt forbrug.

Deltagerne i projektet er enige om følgende anbefalinger vedrørende rapportering af elforsyningssikkerheden:

- 6 — Afbrudsstatistik bør fordeles på årsager og gengives for en længere periode end 10 år og inkludere antallet af afbrudsminutter forårsaget af manglende effekt**
Det skal give en større gennemsigtighed i udvikling i effekttilstrækkelighed over tid og kan også bidrage til at forbedre metoden og modellen.
 - 7 — Energinet.dk bør i afrapporteringen inddrage relevante indikatorer for tilstanden af elforsyningssikkerhed i Danmark**
I afrapporteringen omkring elforsyningssikkerheden bør det fremgå, om det har været nødvendigt at anvende mindre eller større indgreb i den almindelige markedsfunktion for at sikre balance mellem udbud og efterspørgsel.
- Med hensyn til det videre arbejde med elforsyningssikkerhed er aktørerne enige om følgende anbefalinger:
- 8 — Der videreføres et fagligt forum for drøftelse af metodeudvikling for beregning af effekttilstrækkelighed og elforsyningssikkerhed generelt**
Opgørelsesmetoden til udarbejdelse af prognoser for effekttilstrækkelighed bør være under konstant udvikling. Der er et ønske om at videreføre samarbejdet blandt aktørerne omkring de tekniske aspekter ved udvikling af prognoser for effekttilstrækkelighed i en mindre formel struktur end den anvendte i dette projekt.

- 9 — Anbefalinger i relation til arbejdet om udvikling af et nyt EU-direktiv om elforsyningssikkerhed**
Europa-Kommissionen vil under den kommende revision af elforsyningssikkerhedsdirektivet udarbejde en europæisk metode til vurdering af effekttilstrækkelighed i medlemsstaterne. Anbefalingerne fra projektet kan udgøre et indspil til den danske forhandlingsposition.
- 10 — Anbefalingerne er et fagligt input til et evt. lovgrundlag for EI-reguleringsudvalgets forslag om en årlig redegørelse for elforsyningssikkerhed**
EI-reguleringsudvalget foreslog, at Energinet.dk udarbejder en årlig forsyningssikkerhedsredegørelse til ministeren, som beskriver elforsyningssikkerheden historisk og fremadrettet. Hvis forslaget implementeres, anbefales det, at anbefalingerne fra projektet danner udgangspunkt for udvikling af et evt. lovgrundlag om udvikling af en årlig redegørelse for elforsyningssikkerhed.

Status for effekttilstrækkelighed frem mod 2025

Som en del af projektet er der udarbejdet en vurdering af effekttilstrækkeligheden. Vurderingen er foretaget på baggrund af dels nationale, dels regionale beregninger, der inkluderer de lande Danmark er nærmest forbundet med elektrisk. Resultaterne samt metode for beregningerne vedrørende effekttilstrækkelighed er beskrevet i den tekniske baggrundsrapport fra Energistyrelsen, "**Beregning af effekttilstrækkelighed på SISYFOS**", og kommer frem til følgende resultater:

- 1 Den beregnede effekttilstrækkelighed i dag er god, hvilket er konsistent med, at mangel på effekt ikke er konstateret i nyere tid.

- 2 Det danske elsystems afhængighed af udlandet bliver større over tid. Dette er ikke i sig selv et problem for forsyningssikkerheden, men det bliver mere afgørende at sikre tilgængeligheden af udlandsforbindelserne og den kapacitet, der findes på den anden side af forbindelserne. Danmark har mere kapacitet i udlandsforbindelser omkring 2020 end det maksimale danske elforbrug og er på dette punkt langt bedre stillet end nabolandene.
- 3 Der forekommer i den nationale beregning tilfælde med effektmangel i DK2 (Østdanmark) i hele perioden. Hyppigheden af effektmangel får dog først en væsentlig størrelse efter 2020.
- 4 Beregningerne antyder blandt andet, at tidsforskydningerne mellem de forskellige nabolande i elforbrug, vindkraftproduktion og solcelleproduktion giver mulighed for i betydeligt omfang at "dele forsynings-sikkerhed".

Analyse af omkostninger for forskellige forbrugergrupper ved planlagte og ikke-planlagte afbrydelser af elforsyning

DAMVAD har for Energistyrelsen udarbejdet en ekstern konsulentanalyse af forskellige forbrugergruppers omkostninger ved planlagte og ikke-planlagte strømafbrydelser. Formålet med analysen har været at bidrage til en bedre forståelse af, hvordan forbrug kan bidrage til elforsyningssikkerhed.

Analysen viser blandt andet, at alle forbrugere kan minimere deres omkostninger ved strømafbrydelse, hvis afbrydelsen varsles inden, samt at omkostningerne varierer mellem

forskellige forbrugergrupper og er afhængige af længden og tidspunktet afbrydelsen sker. Analysen når frem til medianomkostninger for afbrydelser på mellem 22 og 276 kr./kWh ved 4 timers afbrydelse. Højest for industri og service, lavest for husholdninger og landbrug. Det er metodisk vanskeligt at fastsætte forbrugeres omkostninger ved strømafbrydelser, og analysens resultater skal derfor tolkes med en vis varsomhed.

1 Indledning

Med den grønne omstilling følger mere fluktuerende produktion fra vind og sol i elsystemet. Denne udvikling har allerede været i gang over en årrække, særligt udbygningen af vindenergi, mens udbygningen af solceller er steget kraftigt de senere år. Udviklingen betyder samlet set, at produktionen af el bliver langt mere decentral, mindre styrbar og er afhængig af især vind- og solforholdene. Dette kræver en ændret tilgang til drift og planlægning af elsystemet, herunder i forhold til hvordan effekttilstrækkelighed opgøres, og hvordan der udarbejdes prognoser for denne.

Elforsyningssikkerhed sikres af en kombination af: Centrale kraftværker, decentrale kraftvarmeverker, vindkraft, solceller, elnettet, udlandsforbindelserne og produktionskapacitet i udlandet. Her til kommer potentiale for både prisfleksibelt forbrug og frivillig afkobling af forbrug, evt. mod betaling. Sidst men ikke mindst: En god drift af elsystemet kan reducere risikoen for, at truende driftssituationer udvikler sig til afbrud.

Traditionelt har elsystemet været bygget op omkring termiske kraftværker, men nu spiller fluktuerende vedvarende energi og de internationale forbindelser også en vigtig rolle i elsystemet. Sammenkobling med nabolandene har øget konkurrencen på elmarkedet. Udbygning med

vind- og solkraft, lave kulpriser og dæmpet efterspørgsel har presset elprisen nedad de senere år. Det har reduceret indtjeningsgrundlaget for kraftværkerne og mindsket incitamentet for kraftværksejerne til at foretage ny- og reinvesteringer. Samtidigt ældes de eksisterende termiske kraftværker, og mange af værkerne tages i disse år ud af drift. Denne udvikling finder ikke kun sted i Danmark. Tyskland udbygger massivt med vind og sol, samtidigt med at atomkraft afvikles. Sverige udbygger også kraftigt med vind.

De nationale og regionale elmarkeder i Europa integreres i stigende grad gennem internationale transmissionsforbindelser. I marts 2015 tiltrådte Det Europæiske Råd en plan for en Energiunion. Med Energiunionen lægges op til en større koordinering og integrering af energi- og klimapolitikken på regionalt og EU-niveau. Der lægges blandt andet op til et øget europæisk og regionalt samarbejde om elforsyningssikkerheden for at udnytte kraftværkskapacitet mere effektivt på tværs af landegrænser. Dette indebærer bl.a., at man i højere grad skal kunne regne med sine nabolande i situationer med knaphed. Danmark er et af de lande i Europa med de stærkeste forbindelser til nabolandene, og der udbygges fortsat. Udlandsforbindelserne får en stigende betydning for sikring af elforsyning i Danmark.

I dag udgør prisfleksibelt forbrug en meget lille andel af det samlede elforbrug, men med den stigende elektrificering og intelligente elmålere hos alle forbrugere senest i 2020 forventes forbruget at komme til at spille en mere aktiv rolle både på elmarkedet og i forhold til effekttilstrækkeligheden. På længere sigt forventes frivillig afkobling af forbrug at kunne bidrage til sikring af forsyningssikkerhed.

Nettet spiller en central rolle for elforsyningssikkerheden. Det danske elnet er meget stærkt. Store dele af nettet er i dag kabellagt, og yderligere kabellægning forventes i fremtiden. Kabellægningen af nettet har betydet, at storme ikke udgør en risiko for elforsyningssikkerheden i samme grad som tidligere.

Den store mængde vedvarende energi har indtil videre ikke haft indflydelse på niveauet for forsyningssikkerhed i Danmark. Fremover vil det dog være nødvendigt at sikre, at prognoserne for effekttilstrækkelighed tager højde for vindkraftens rolle i elforsyningen samt for udbygningen af internationale forbindelser.

Tidligere analyser

I Energistyrelsens rapport "**Analyse af elnettets funktionalitet**" fra 2014 kortlægges mange af de problemstillinger, der er forbundet med at sikre en stabil elforsyning i takt med, at der sker en stigende produktion af vedvarende energi, og at der etableres flere internationale forbindelser. Endvidere præsenteres en opdateret definition af begrebet elforsyningssikkerhed, "**sandsynligheden for, at der el til rådighed for forbrugerne, når den efterspørges**".

"**Analyse af elnettets funktionalitet**" fremlagde prognoser for effekttilstrækkeligheden i Danmark, som var udarbejdet ved at beregne sandsynligheden for, at der er tilstrækkelig kapacitet til at dække den samlede danske efterspørgsel. Prognoserne viste, at effekttilstrækkeligheden i Danmark i 2020 forventes at være på samme niveau som i dag. Dog kan effekttilstrækkeligheden i Østdanmark muligvis udfordres, hvis ikke Kriegers Flak idriftsættes i 2020.

El-reguleringsudvalget har efterfølgende i deres rapport "**En fremtidssikret regulering af elsektoren**" fra 2014 anbefalet, at definitionen af elforsyningssikkerhed i "**Analyse af elnettets funktionalitet**" anvendes fremover, samt at Energinet.dk udarbejder en årlig forsyningssikkerhedsredegørelse til ministeren, som beskriver elforsyningssikkerheden historisk og fremadrettet.

Projektets formål

I januar 2015 igangsatte Energistyrelsen et projekt med det formål at nå til enighed om de overordnede rammer for elforsyningssikkerhed, og at opdatere resultaterne fra "**Analyse af elnettets funktionalitet**". Centrale interessenter fra energibranchen blev inviteret til at deltage i projektet.

Projektet har haft tre overordnede opgaver:

- 1 skabe en fælles forståelse for, hvad elforsynings-sikkerhed er, og hvordan den opgøres med udgangspunkt i Energistyrelsens rapport "**Analyse af elnettets funktionalitet**"
- 2 opdatere status for effekttilstrækkelighed frem mod 2025
- 3 gennemføre en analyse af omkostninger for forskellige forbrugergrupper ved planlagte og ikke-planlagte afbrydelser af elforsyning

Formålet med den første opgave har været at skabe en fælles forståelse for, hvordan effekttilstrækkelighed bidrager til elforsyningssikkerhed og metoden, hvormed elforsyningssikkerhed opgøres i prognoser fremadrettet. Resultaterne af opgaven bruges som input til fremtidige rammer for arbejdet med opgørelser og afrapportering om elforsyningssikkerhed, herunder den redegørelse for elforsyningssikkerhed, som El-reguleringsudvalget anbefaler, at Energinet.dk fremover skal udarbejde. Fokus har været på den overordnede metode og forudsætninger anvendt i prognoser, samt på indikatorer anvendt i rapporteringen af elforsyningssikkerhed.

Formålet med den anden del af projektet har været at opdatere status for effekttilstrækkelighed med udgangspunkt i de forudsætninger man er blevet enige om i projektet. Der er udarbejdet en opdatering af prognoser for effekttilstrækkelighed i dag, i 2020 og i 2025. Der er foretaget beregninger på Danmark alene og regionale beregninger omfattende Danmark, Norge, Sverige, Finland, Tyskland, Holland og Storbritannien, dvs. lande som Danmark er elmæssigt forbundet med eller kan blive forbundet med.

Formålet med den tredje opgave har været at undersøge, forskellige forbrugergrupperes omkostninger ved strøm-afbud, samt om varsling af strømafbrydelser over for forbrugere påvirker deres forventede omkostninger ved forsyningssvigt. Definitionen af elforsyningssikkerhed åbner for, at prisfleksible forbrugere kan bidrage til effekttilstrækkeligheden. Frivillige afbud har historisk ikke spillet en rolle i sikring af effekttilstrækkelighed, men på sigt kan det muligvis bidrage til sikring af en pålidelig og omkostningseffektiv elforsyning. Der er i dag en begrænset viden om forskellige forbrugeres villighed til at få afbudt deres forbrug, samt hvad de vil skulle have i økonomisk kompensation.

Afrapportering

Afrapporteringen fra projektet består af 3 dele:

- 1 Denne hovedrapport som beskriver de overordnede resultater fra projektet, herunder en beskrivelse af metoden til at udarbejde prognoser for effekttilstrækkelighed, og resultaterne af opdatering af status for effekttilstrækkelighed i dag samt i 2020 og 2025.
- 2 En teknisk baggrundsrapport fra Energistyrelsen med opdatering af status for effekttilstrækkeligheden i dag, i 2020 og i 2025, herunder anvendt model, data og forudsætninger.
- 3 En ekstern konsulentrapport fra DAMVAD om forskellige forbrugergruppers omkostninger ved planlagte og ikke-planlagte strømafbrudelser.

Organisering og inddragelse af interessenter

Projektet har overordnet været organiseret i en styregruppe, hvor de principielle beslutninger er blevet taget og en arbejdsgruppe, som har bidraget til løsning af selve opgaven. Begge grupper har været ledet af Energistyrelsen.

Følgende organisationer har deltaget i både arbejds- og styregruppen:

- Energistyrelsen (formand)
- Dansk Energi
- Dansk Fjernvarme
- DI
- Danmarks Vindmølleforening
- Energinet.dk
- Forbrugerrådet Tænk
- Landbrug & Fødevarer
- Vindmølleindustrien

Der har i løbet af første halvår 2015 været afholdt i alt tre møder i styregruppen og seks møder i arbejdsgruppen.

Rapportens opbygning

Hovedrapporten er bygget op på følgende måde:

KAPITEL 2

— Baggrund om elforsyningssikkerhed

Kapitlet beskriver rammerne for elforsyningssikkerhed, og hvordan elforsyningssikkerhed forstås af projektdeltagerne ved at redegøre for de centrale begreber omkring elforsyningssikkerhed, det historiske niveau for forsyningsikkerhed, hvordan ansvar for elforsyningssikkerhed fordeles i dansk lovgivning, og driften af det danske elsystem. Kapitlet beskriver også det danske elsystem, spillet mellem kraftværker, vind- og solkraft, elnettet, de internationale forbindelser og forbruget, samt hvordan det danske elsystem indgår i de større regionale elsystemer i Centraleuropa og i Norden.

KAPITEL 3

— Effekttilstrækkeligheden i Danmark frem mod 2025

Kapitlet beskriver resultaterne fra analysen af effekttilstrækkeligheden i Danmark frem mod 2025, og hvordan effekttilstrækkelighed er opgjort ved at gennemføre sandsynlighedsberegninger i Energistyrelsens model, SISYFOS. Hovedkonklusionerne fra en række følsomhedsanalyser beskrives også.

KAPITEL 4

— Resultater fra DAMVADs analyse af forbrugeres omkostninger ved planlagte og ikke-planlagte strømafbrud

Kapitlet består af projektdeltagernes perspektivering af resultaterne fra DAMVADs analyse, og kommer med forslag til opfølgende analyser på baggrund af resultaterne fra DAMVADs rapport. Kapitlet indeholder desuden et resumé af DAMVADs resultater og konklusioner.

KAPITEL 5

— Anbefalinger

Kapitlet beskriver hvilke anbefalinger projektdeltagerne er blevet enige om i løbet af projektet, samt opfølgning på arbejdet i projektet.

BILAG

— Projektdeltagerne

Bilaget lister projektdeltagerne op.

2 Baggrund om elforsyningssikkerhed

Det danske elsystem

Det danske elsystem består af to delsystemer: Vestdanmark (DK1) og Østdanmark (DK2). Vestdanmark er elektrisk en del af det kontinentale europæiske elsystem, mens Østdanmark er en del af det nordiske elsystem med Sverige, Norge og Finland. Øst- og Vestdanmark er forbundet af en jævnstrømsforbindelse under Storbælt. Herudover består elsystemet af:

- Transmissions- og distributionsnettet, som transporterer el mellem produktion og forbrug
- De centrale kraftvarmeværker, der producerer el, og tilføjer stabilitet til nettet ved at levere spændings- og frekvensregulering
- Decentrale kraftvarmeværker, der ligesom de centrale kraftvarmeværker producerer el, men er mindre og mere spredt over hele elsystemet
- Havmølleparkerne, landmøller og solceller der producerer en stor mængde af vedvarende energi til elsystemet

- De internationale forbindelser der forbinder Danmark til de nordiske og centraleuropæiske elsystemer, og som spiller en vigtig rolle i elhandel mellem landene.
- Prisfleksibelt forbrug og frivillig afkobling af forbrug¹, der i dag udgør en meget lille andel, men som forventes at spille en større rolle på sigt.

Elnettet er delt i to niveauer, transmissionsnettet og distributionsnettet. Transmissionsnettet er "elnettets motorveje", og ejes af Energinet.dk, mens distributionsnettet er "elnettets mindre veje", som transporterer el det sidste stykke ud til forbrugere, og som ejes af netvirksomhederne.

Det danske transmissionsnet er sammenkoblet med udlandet gennem seks el-forbindelser. Forbindelserne går til Sverige, Norge og Tyskland, og styres i fællesskab af Energinet.dk og systemoperatøren i det pågældende naboland. I Figur 1 ses Danmarks nuværende udlandsforbindelser, godkendte forbindelser, samt forbindelser som er under overvejelse. COBRA-forbindelsen til Holland er godkendt, mens Viking-forbindelsen til Storbritannien undersøges.

De centrale kraftvarmeværker er termiske værker, der anvender brændsler som kul, naturgas eller biomasse. Deres produktion kan reguleres op og ned efter behov, og hovedparten af de værker, der fyrrer med fossile brændsler, kan køre i kondensdrift – dvs. de kan producere el uden at skulle producere fjernvarme samtidigt. Kondensdrift tilføjer større fleksibilitet til elsystemet især om sommeren, hvor varmebehovet er lavt. De fleste centrale kraftvarmeværker er store, og de bidrager til at gøre nettet robust over for forstyrrelser.

De decentrale kraftvarmeværker er også termiske værker, men typisk kan de ikke producere el uden at producere fjernvarme samtidigt. Decentrale værker kan dog frigøres for en del af varmebindingen, hvis det skulle blive aktuelt. De er som regel noget mindre end de centrale kraftvarmeværker og er tilsluttet distributions- og fordelingsnettet frem for transmissionsnettet.

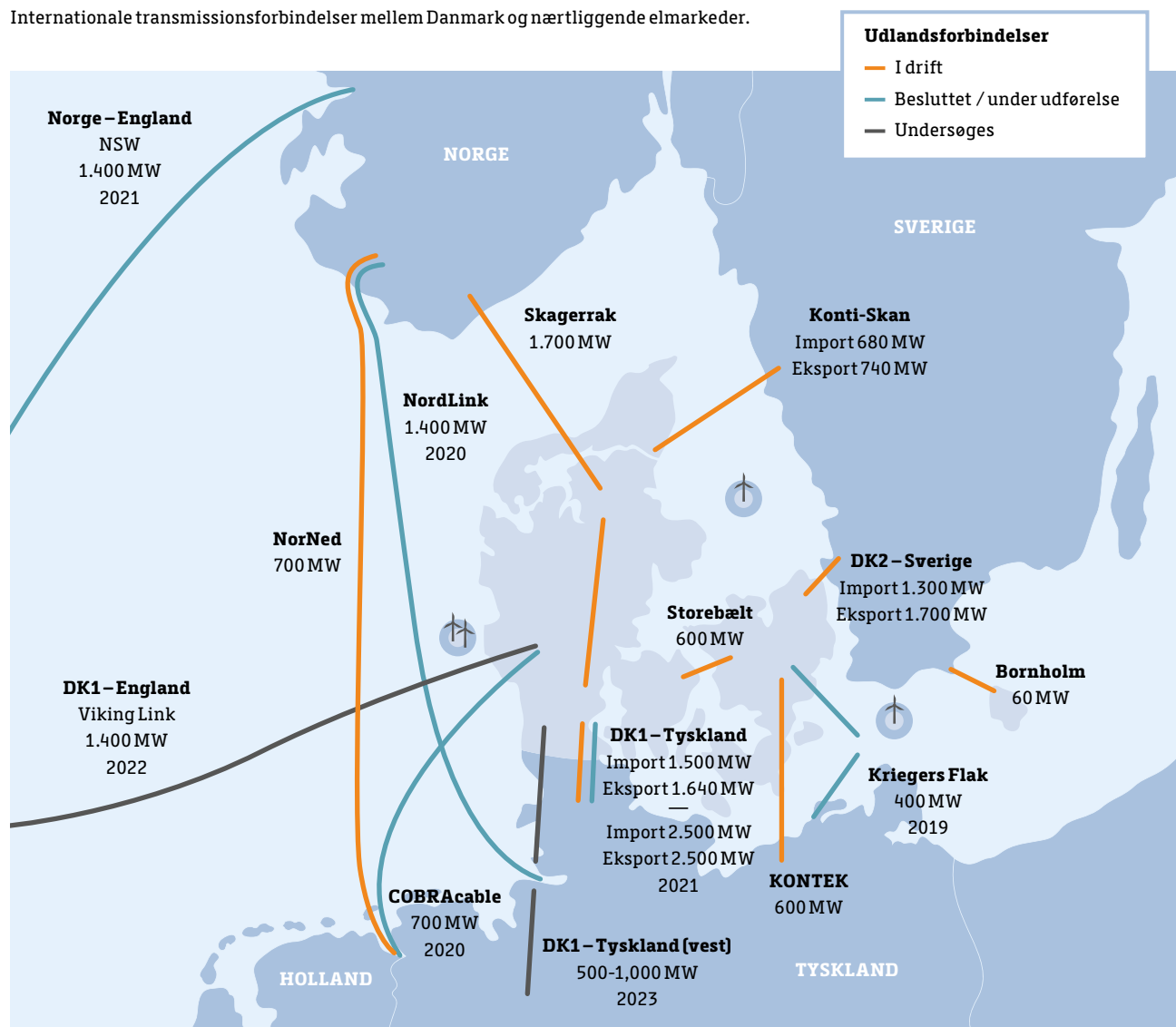
Havmøller, landmøller og solceller er variable produktionsanlæg – dvs. de producerer hhv. når vinden blæser, eller solen skinner. Produktionen fra den enkelte mølle er svær at forudse med stor nøjagtighed ved almindelige



¹ Prisfleksibelt forbrug refererer til forbrug, der er prisfølsomt og deltager aktivt på spotmarkedet. Frivillig afkobling af forbrug refererer til forbrug, der stiller sig til rådighed for systemoperatøren, der i perioder med knaphed kan afbryde elforsyning mod betaling af en på forhånd aftalt kompensation.

FIGUR 1

Internationale transmissionsforbindelser mellem Danmark og nærtliggende elmarkeder.



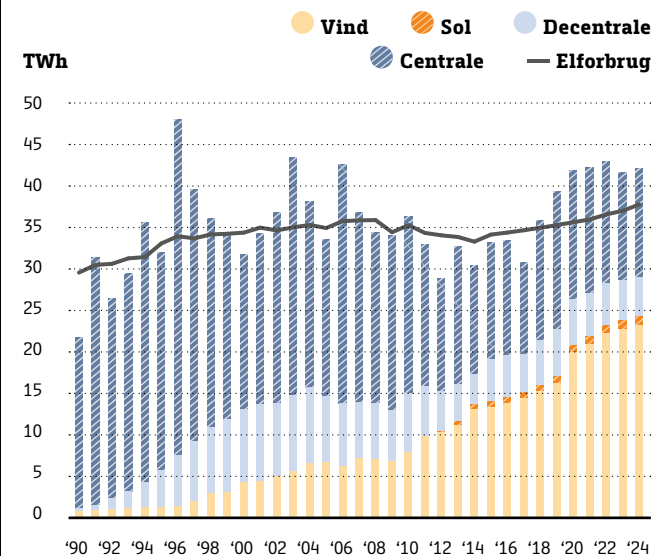
Kilde Energinet.dk **Note** Årstal angiver forventet første hele driftsår.

vindhastigheder, men forudsigeligheden forbedres ved at kigge på den samlede produktion fra mange vindmøller spredt over et større geografisk område, fx Jylland. Selvom solens placering i forhold til solcelleanlæggene er fuldt forudsigelig, kan produktion fra solceller alligevel være svær at forudse, idet den påvirkes meget af skyer.

I dag udgør fleksibelt forbrug en meget lille andel af det samlede elforbrug, men på længere sigt forventes det at kunne bidrage til sikring af effekttilstrækkelighed gennem frivillig forbrugsafkobling, evt. mod betaling.

FIGUR 2

Elforbrug og produktion 1990 – 2024.



Kilde Energinet.dk

Det danske elsystem i en regional kontekst

Det danske elsystem er placeret mellem det vandkraft-baserede elsystem i Norden og det termiske elsystem i Centraleuropa. Danmarks stærke transmissionsforbindelser til udlandet betyder at man kan drage fordel af disse forskellige systemer, og Danmark spiller en vigtig rolle som transitland for transport af el mellem Norden og Centraleuropa.

Danmarks placering mellem et lavprisområde (Norden) og et højprisområde (Centraleuropa) giver gode muligheder for at handle over grænser og er den bagvedliggende

årsag til, at der har været god samfundsøkonomi i de eksisterende udlandsforbindelser. Danmark er derfor et af de lande i Europa med de stærkeste forbindelser til nabolandene. Figur 3 sammenligner Danmarks samlede overførselskapacitet i udlandsforbindelser i forhold til andre nationale elsystemer i 2020. Summen af Danmarks internationale forbindelser er større end spidslastforbruget. Det bidrager til at styrke effekttilstrækkeligheden i Danmark.

Danmarks stærke elektriske sammenkobling med vores nabolande gør, at den daglige drift er tæt knyttet til driften i nabolandene. Forbindelserne til udlandet har en stor værdi for Danmark. De sikrer en omkostningseffektiv anvendelse af produktionskapacitet gennem elmarkedet i Danmark og i udlandet og reducerer omkostningerne forbundet med

at sikre tilstrækkelig forsyning af el til de danske forbrugere. De stærke udlandsforbindelser medvirker også til en omkostningseffektiv integration af vedvarende energi i Danmark. Man skal derfor være forsigtig med at analysere isoleret på dansk elproduktionskapacitet og forbrug, når det drejer sig om effekttilstrækkelighed.

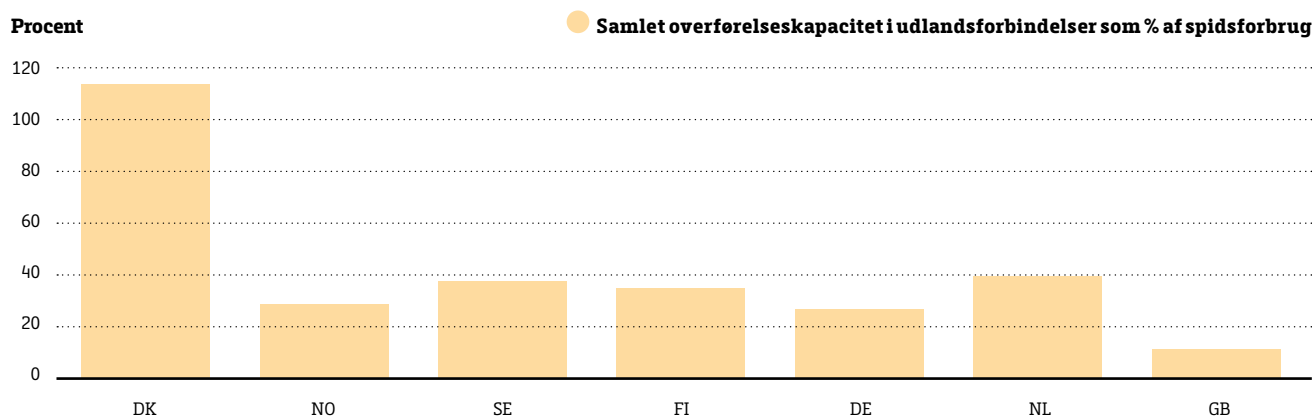
Centrale begreber

Elsystemets formål er at forsyne efterspørgslen. En konstant balance mellem produktion og forbrug skal opretholdes, ellers er der risiko for strømafbud og i værste tilfælde systemkollaps.

Elforsyningssikkerhed kan brydes op i to elementer, systemtilstrækkelighed og systemsikkerhed, som vist i Figur 4.

Systemtilstrækkelighed er 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, hvor der er behov for den. Nettilstrækkelighed er transmissions- og distributionssystemets evne til at transportere tilstrækkelig elektricitet fra der, hvor den produceres, til der, hvor den efterspørges. Effekttilstrækkelighed sikres af centrale og decentrale kraftvarmeværker, solceller, vindmøller og udlandsforbindelser, mens nettilstrækkelighed sikres ved at have et tilstrækkeligt dimensioneret net. Hvis en situation med manglende systemtilstrækkelighed skulle opstå, kontrolleres den ved at afkoble forbrugere i et begrænset område. Det kaldes en kontrolleret afkobling eller brownout. Det er ikke sket i Danmark til dato.

FIGUR 3
Kapacitet i udlandsforbindelser i forhold til maxforbrug 2020.

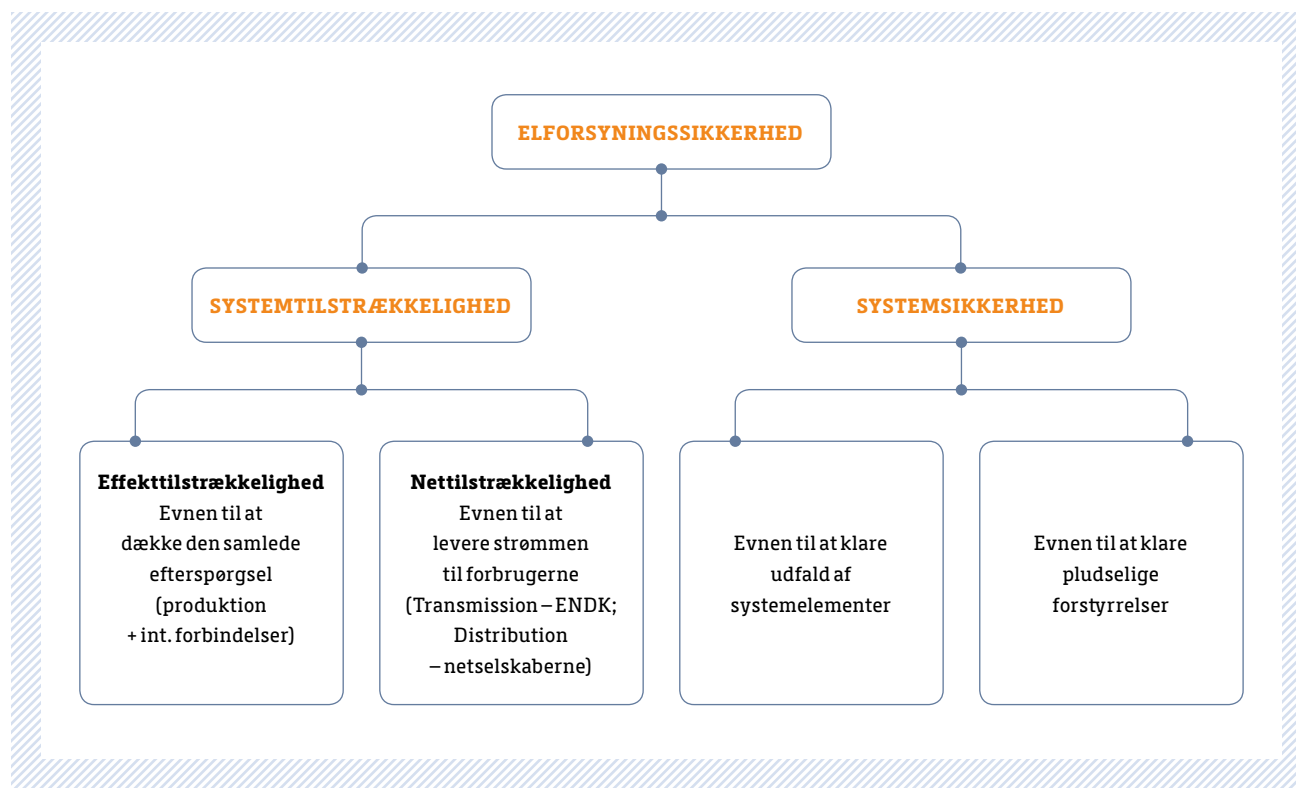


Systemsikkerhed er elsystemets evne til at håndtere pludselige driftsforstyrrelser forårsaget af fx elektriske kortslutninger, et pludseligt udfald af et kraftværk eller en transmissionsforbindelse, uden at det påvirker elforsyningen eller medfører strømafbud. Forstyrrelser, der breder sig ud i elsystemet på grund af manglende sikkerhed, kan

lægge store dele af elsystemet ned. Systemsikkerhed fokuserer på at forhindre det ved at opstille sikkerhedsmekanismer i komponenter, der enten kan isolere fejl fra resten af systemet, eller afværge ukontrollerede strømninger ved at sikre en alternativ vej i nettet.

Hvis systemsikkerheden svigter, kan fejl hurtigt sprede sig gennem elsystemet (en kaskadeudkobling). Kaskadeudkoblinger sker, når en fejl i én komponent får strømmen til at flyde ukontrolleret til andre komponenter i elsystemet. Hvis det forårsager fejl i én eller flere af de andre komponenter, som dermed falder ud, kan det ende med, at overbelastningen hurtigt forplanter sig i systemet, idet alle komponenter i elsystemet er forbundet til hinanden. Det kan ende med en bølge af ukontrollerede strømninger, som bevæger sig gennem elsystemet og forårsager fejl, eller betyder fx at kraftværker kobler sig fra systemet for at beskytte deres installationer. Det kan i sidste ende resultere i systemkollaps, også kaldet for et blackout, hvor hele systemet bryder sammen.

FIGUR 4
Hierarkisk illustration af begreberne for elforsyningssikkerhed.



Kaskadeudkoblinger forhindres i elsystemet ved at opstille systemværn, som begrænser konsekvenserne af fejl. Systemværn kan fx være relæer, der er en slags elektronisk kontakt, der isolerer fejl fra elsystemet. Systemværn kan også være sikring af tilstrækkeligt systembærende egenskaber i elsystemet. Systembærende egenskaber tilføjer stabilitet til elsystemet, og leveres som regel af enten centrale kraftvarmeværker eller synkronkompensatorer.

I praksis er systemtilstrækkelighed og systemsikkerhed nært beslægtede. De adskilles i planlægningen, idet mangel på tilstrækkelighed er en statisk tilstand, der kan forudses med relativt stor sandsynlighed, og der er dermed mulighed for at begrænse effekten. Systemsikkerhed er til gengæld dynamisk, eftersom det omhandler pludselige hændelser, der skaber ubalancer i elsystemet, som dermed påvirker elforsyningen.

Elforsyningssikkerhedsniveauet historisk

Danmark har en høj elforsyningssikkerhed. Gennem Elskabernes Fejl- og Afbrudsstatistik (ELFAS) har danske elnetselskaber og Energinet.dk siden 1967 ført statistik over fejl og afbrud i det danske el-forsyningsnet. Fra 1990 til i dag har elforsyningssikkerheden ligget på godt 99,99 pct., hvilket svarer til, at der har manglet strøm i ca. 40 minutter i løbet af et enkelt år for en gennemsnitsforbruger. De 40 minutter om året er et gennemsnit fordelt over mange år og over alle forbrugere, som illustreret i Figur 5. I virkeligheden er der mange forbrugere, der ikke oplever strømafbrydelse i løbet af et år, mens andre oplever en til flere strømafbrydelser, der kan vare fra et minut til flere timer.

Der sker langt flere afbrud i distributionsnettet end i transmissionsnettet, men som regel påvirker afbrud i distributionsnettet kun få kunder, mens fejl i det overordnede transmissionsnet påvirker mange. I Figur 5 angives afbrud i distributionsnet "eget område", mens afbrud på grund af fejl i transmissionsnettet angives "udenfor eget område". I Danmark har mangel på elproduktionskapacitet ikke bidraget til strømafbryd, siden den omfattende registrering af fejl i elforsyningen begyndte tilbage i 1960'erne.

I Figur 5 kan det ses, at der ikke har været store strømafbrydelser i Danmark de sidste 10 år. Kabellægning af distributionsnettet har spillet en væsentlig rolle i forbedring af forsyningssikkerheden. Stormene i 2013 var på niveau med stormene i hhv. 1999 og 2005, men de medførte ikke nævneværdige strømafbrydelser sammenlignet

med de tidligere storme. Det skyldes hovedsageligt kabel-lægning af luftledninger i distributionsnettet i den mellem-liggende periode.

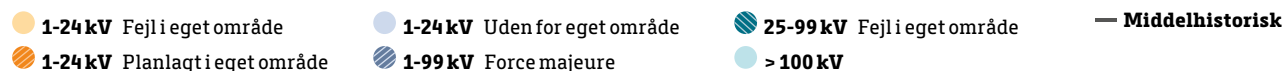
Det er nødvendigt at kigge på forsyningssikkerhed over en længere årrække fx 20 - 25 år for at danne sig et retvisende billede. Hændelser i transmissionsnettet, der fører til forsyningssvigt, sker meget sjældent, men de har som regel store konsekvenser for forsyning. Hvis tilstanden for

elforsyningssikkerhed ikke analyseres over en længere årrække, vil de meget sjældne, men statistisk udslagsgivende hændelser enten være usynlige eller påvirke statistikken uforholdsvist meget over en kortere årrække.

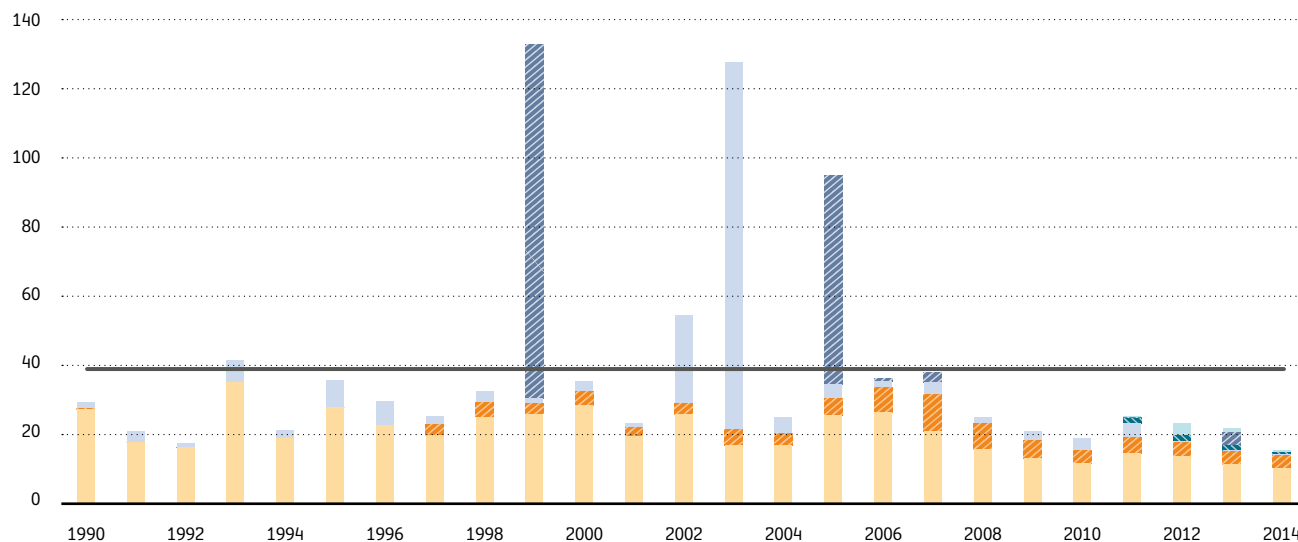
Siden 1990 har der været fire omfattende strømafbrydelser, som giver udslag i statistikken for elforsyningssikkerhed, se boks.

FIGUR 5

Leveringssikkerhed i Danmark 1990 – 2014.



Afbrudsminutter pr. 1-24 kV leveringspunkter pr. år



Kilde Dansk Energi

Ansvar for opretholdelse af elforsyningssikkerhed

I elforsyningsloven er der forskellige bestemmelser, der handler om elforsyningssikkerhed, og forskellige myndigheder er tillagt opgaver og kompetencer i relation hertil. Ifølge § 27a stk. 1 i elforsyningsloven har den danske systemoperatør Energinet.dk det overordnede ansvar for elforsyningssikkerheden. Der er i loven ikke en definition af elforsyningssikkerheden men en angivelse af, at Energinet.dk skal opretholde den tekniske kvalitet og balance inden for det sammenhængende elforsyningssystem og sikre tilstedeværelsen af en tilstrækkelig produktionskapacitet i det sammenhængende elforsyningssystem. Herudover har Energinet.dk ansvaret for den overordnede infrastruktur, dvs. transmissionsnettet og udlandsforbindelserne. Energinet.dk kan ifølge § 27b i elforsyningsloven med henblik på opretholdelsen af forsyningssikkerheden mod rimelig betaling kræve godkendte driftsstop af kraftværker udskudt eller fremrykket

Energistyrelsen har også en række opgaver, der vedrører forsyningssikkerheden. Energistyrelsens opgaver i forhold til forsyningssikkerheden indbefatter blandt andet at udstede bevilling til elproduktion for anlæg med en kapacitet på over 25 MW. I bevillingen kan der stilles vilkår om, at ministeren med 1 års varsel kan bestemme, at elproduktionsvirksomheder af hensyn til forsyningssikkerheden skal opretholde en nærmere fastsat mindste produktionskapacitet, jf. § 50 stk. 3 i elforsyningsloven. Denne bestemmelse er indtil nu ikke blevet anvendt. Det er også fastlagt, at Energistyrelsen træffer afgørelser om, hvorvidt kapacitet kan konserveres, tages permanent ud

af drift eller skrottes, jf. § 11 og § 12 i elforsyningsloven. Afgørelser træffes efter høring af Energinet.dk.

I elforsyningsloven lægger lovbemærkningerne til § 27d stk. 2 op til, at ministeren kan vurdere forsyningssikkerheden og pålægge Energinet.dk at iværksætte nærmere angivne foranstaltninger til sikring af elforsyningssikkerheden.

Netvirksomhederne har ansvaret for at udbygge og drive distributionsnettene og sikrer dermed leveringen til forbrugerne. Inden for hvert netområde har en netvirksomhed monopol på den fysiske distribution af el til forbrugerne. Energitilsynet fører tilsyn med kvaliteten af netvirksomhedernes leverance af el.

Samspelet mellem effekt-tilstrækkelighed og driften af elsystemet

Som udgangspunkt sikres balancen mellem efterspørgsel og produktion gennem handelen i elmarkedet.

Selv om markedet har vist sig at være et effektivt værktøj til at balancere systemet med, er der bekymringer om, hvorvidt markedet opstiller tilstrækkelige incitamenters til at sikre nye investeringer i produktionskapacitet, der kan bidrage til at sikre tilstrækkelig effekt og fleksibilitet, når eksisterende anlæg tages ud af drift. Energinet.dk står i spidsen for projektet, Markedsmodel 2.0, som skal analysere den nuværende markedsmodel og komme med forslag

STØRRE STRØMAFBRYDELSER siden 1990

8. JANUAR 2005

Omkring 200.000 husstande over hele Danmark mistede strømmen, da en storm med vindstød af orkanstyrke ramte det meste af landet. Hovedparten af strømafbrydelserne skyldtes, at distributionsledningerne blev beskadiget af væltede træer og flyvende genstande.

23. SEPTEMBER 2003

Sammen med det sydlige Sverige blev hele Østdanmark ramt af en strømafbrydelse. Den primære årsag var en dobbelt samleskinnefejl på en koblingsstation i Sydsverige, som medførte et udfald af fire 400 kV-ledninger og to blokke på kernekraftværket i Ringhals. Forud var der sket et udfald af kernekraftværket Oskarshamn blok 3. Resultatet var et spændingskollaps i Sydsverige og i Østdanmark. I Danmark havde de første forbrugere strøm efter et par timer, og de sidste efter ca. seks timer.

28. DECEMBER 2002

Omkring en million mennesker i det nordlige og vestlige Jylland var uden strøm i op til tre timer som følge af to fejl, der opstod uafhængigt af hinanden i det vstdanske transmissionsnet.

3. DECEMBER 1999

Ca. 440.000 husstande mistede strømmen i århundredets værste orkan. Strømafbrydelserne skyldes hovedsageligt skader på ledninger i distributionsnettet.

til ændringer. Projektet afsluttes i efteråret 2015. Derefter skal der tages stilling til den videre opfølgning på projektet.

Spotmarkedet anvendes som det primære værktøj til at balancere produktion og forbrug fra dag til dag. Efter buddene på spotmarkedet er opgjort, stemmer produktion

og forbrug overens, og elsystemet er formelt set i balance i det kommende døgn. Den forventede produktion eller det forventede forbrug, der indgives på spotmarkedet, kan ikke altid opfyldes, når elektriciteten fysisk skal leveres. Ubalancer opstår eksempelvis på grund af fejl i prognoserne for vindmølleproduktion eller i forbrugsprognoserne, eller

fordi et kraftværk havarerer. Prognosefejl for vindkraftproduktion er den hyppigste årsag til ubalance i det danske elsystem. Stemmer forbrug og produktion ikke overens, påvirkes balancen i elsystemet, hvilket i sidste ende kan føre til strømafbrydelser.

Regulerkraftmarkedet anvendes til at opretholde balancen i det samlede elsystem i driftstimen. Regulerkraft handles på det fællesnordiske regulerkraftmarked. I løbet af driftstimen aktiveres bud på regulerkraftmarkedet i nødvendigt omfang af Energinet.dk. Der dannes herefter en marginal timepris efter samme principper som i spotmarkedet. Producenterne og forbrugerne betaler for ubalancer, de er ansvarlige for. Ubalancer afregnes efter driftstimen.

Energinet.dk indgår aftaler med nogle producenter om at stå til rådighed med manuelle reserver. Det forpligter producenten til at indsende bud på regulerkraftmarkedet i en fast defineret periode. Det kompenseres med en rådighedsbetaling. Ved evt. aktivering i regulerkraftmarkedet betales markedsprisen for regulerkraft leveret. Rådighedsbetalinger sikrer, at der altid er tilstrækkelig reserver til at dække udfald af kraftværker, internationale forbindelser eller prognosefejl for vindkraft. Producenter kan også undlade at binde sig til at stille kapacitet til rådighed i regulerkraftmarkedet, og i stedet frivilligt afgive regulerkraftbud, når de finder det attraktivt.

Når elsystemets normale drift er truet, indfører Energinet.dk skærpet drift. Der har været 5 situationer med skærpet drift siden juni 2010. Skærpet drift indebærer, at markedet suspenderes. Elsystemet styres i stedet direkte fra Energinet.dk's kontrolcenter, og netselskaberne skal forberede beredskabsmæssige initiativer, så en større driftsforstyrrelse kan håndteres. Derudover skal alle planlagte eller igangværende

SIKRING AF BALANCE

mellem udbud og efterspørgsel gennem det nordiske elmarked

DAGEN FØR DRIFTSDØGNET

Dagen før driftsdøgnet foregår elhandel på spotmarkedet. El-leverandører og producenter handler i spotmarkedet for at dække produktion og forbrug for det følgende døgn. Næsten 90 % af det samlede elforbrug i Norden handles her. Senest kl. 12.00 indmelder el-leverandører og producenter købs- og salgsbud på mængde og pris til Nord Pool Spot. Senest kl. 13.00 matcher Nord Pool Spot alle købs- og salgsbud under hensyn til de begrænsninger, der er i elnettet. På denne måde udregnes 24 timepriser for hele Norden gennem en fælles prisberegningssalgoritme, og systemet er i balance for det efterfølgende døgn.

FREM TIL DRIFTSØJEBLIKKET

Hvis forventet produktion eller forbrug meldt ind på spotmarkedet skulle ændre sig på grund fx kraftværkshavari eller ændrede vindforhold, kan aktørerne handle sig i balance på intraday marked, Elbas. Intraday markedet er åbent fra kl. 14.00 og frem til en time før driftstimen. Herefter ligger ansvaret for at balancere systemet alene hos Energinet.dk, som gennem en række systemydelser kan tilpasse produktionen. Balancen opretholdes blandt andet ved, at Energinet.dk køber el (opregulering) eller sælger el (nedregulering) på regulerkraftmarkedet. Samtidig stabiliseres frekvensen i nettet af de automatiske reserver i selve driftsøjeblikket.

DAGEN EFTER DRIFTSDØGNET

Efter driftsdøgnets afslutning indsamles målinger af reelt forbrug og produktion og sammenholdes med aktørplanerne. Herefter afregnes ubalancerne mellem planlagt produktion/forbrug og de reelle mængder i det, der kaldes balancemarkedet.

arbejder på netanlæg indstilles, og nettet bringes snarest muligt i den mest sikre driftstilstand. Hvis situationen forværres yderligere, indtræffer nøddrift, hvor elsystemets drift er ustabil, og der er lokale/regionale/landsdækkende afbrydelser. Der har ikke været tilfælde med nøddrift siden 2010.

Stormen Allan var en meget kraftig storm, hvor der både blev målt rekord i middelvind og i maksimalt vindstød. Energinet.dk indførte skærpet drift under stormen på grund af de mange hændelser i elsystemet, der opstod mens stormen passerede Danmark. Stormen viste, at det danske elsystem er robust over for ekstreme vejrforhold og kan modstå alvorlige hændelser, selv om det var tæt på at forårsage en kontrolleret afkobling af en række sjællandske forbrugere. Udkobling af forbrugere er et af de redskaber, der altid har ligget i værktøjskassen for selskaber som Energinet.dk. Men det tages meget sjældent i brug. Det er ikke sket i Energinet.dk's 10-årige levetid.

Europæisk og regionalt samarbejde om sikring af elforsyningssikkerhed

Internationalt er der også et øget fokus på elforsyningssikkerheden, herunder værdien af regionalt samarbejde om sikring af elforsyningssikkerheden.

I marts 2015 tiltrådte Det Europæiske Råd en plan om en Energiunion baseret på tre overordnede principper: et sikkert energiudbud, bæredygtighed og konkurrencedygtighed.

STORMEN ALLAN — Stormen Allan i oktober 2013 pressede elsystemet til det yderste. Under stormen skete der en række kritiske hændelser:

KL. 12.50

Stormen kommer fra vest, og klokken ca. 12.50 stopper de store vindmølleparker i Nordsøen med at lave strøm. Når blæsten bliver for hård, standser møllerne, for at de ikke skal tage skade, når vingerne snurrer vildt. Det er i sig selv ikke udsædvanligt, og er noget elnettet er vant til at håndtere.

KL. 13.57

Energinet.dk's kontrolrum får de første meldinger om fejl i det overordnede elnet. Flere byer mister kortvarigt strøm. Den første store fejl i elnettet indtræffer, da en 400 kV-højspændingslinje mellem Kassø i Sønderjylland og Revsing ved Vejen, kobler ud. Udkoblingen skyldes en kortslutning, som kan være genereret af en flyvende genstand fx en trampolin, eller at to faser kommer for tæt på hinanden. Linjen er en del af rygraden i det jysk-fynske elnet og har stor indflydelse på, hvor meget strøm der kan importeres fra og eksporteres til Tyskland. Linjen er nu ude, og sammenholdt med stormens rasen medfører det, at Energinet.dk melder om "skærpet drift".

KL. 14.41

Kobler også den ene af de to 400 kV højspændingslinjer mellem Danmark og Tyskland ud på grund af stormskader ca. 30 kilometer nede i Tyskland. Hvis den anden 400 kV-linje også ryger, er landene kun forbundet med 220kV-linjer. Derfor bliver alle reserveanlæg i Jylland gjort klar, så balancen kan opretholdes, hvis der skulle komme yderligere stormskader på transmissionsnettet.

KL. 15.42

Udkobler en 150 kV transformer ved Fraugde på Østfyn, da der opstår en intern fejl i transformeren. Transformeren er afgørende for den elektriske Storbæltforbindelse, og den falder også ud. På det tidspunkt blev strømmen transporteret fra øst mod vest. Der kommer dermed mere pres på nettet i Vestdanmark. Der skrues derfor op for importen fra Norge, så elnettet stadig vil være i balance, hvis den anden 400 kV-linje til Tyskland også skulle blive lagt ned af stormen. Vedligeholdelsesvagten i Jylland kan ikke komme ud til transformeren på grund af uheld på Lillebæltsbroen. Ca. 16:20 falder vindstyrken i Nordsøen, og havmøllerne begynder at producere igen. Det letter presset på det vesticke elsystem.

KL. 16.21

132 kV-linjen Allerød-Stasevang i Nordsjælland rammes af et væltet træ. Det starter en kaskadeeffekt, hvor både forbindelsen mellem Sjælland og Tyskland og det store sjællandske reservekraftværk, Kyndby, kobler ud.

KL. 17.00

De store havmølleparker ved Nysted og Rødsand lukkes ned på grund af vindstyrken, og det sjællandske elnet er ikke længere i stand til at kunne håndtere næste store fejl. For at forhindre et evt. systemkollaps forberedes kontrolleret afkobling af 500.000 sjællandske forbrugere. DONG Energy og SEAS-NVE bliver bedt om at stå klar til at udkoble 250 MW hver, hvis der er behov for det.

KL. 17.25

Energinet.dk kommer frem til stationen ved Fraugde, og Storebæltforbindelsen kommer op at køre. Strøm kan flyde fra Vestdanmark mod øst, hvilket gør, at situationen ikke længere er så sårbar, og først på aftenen kan Energinet.dk afblæse "skærpet drift", og driftssituationen vender tilbage til normal.

I forlængelse af disse tre overordnede principper lægges i Energiunionen vægt på fem elementer: 1) forsyningssikkerhed, 2) gennemførelse af det indre energimarked, 3) øget energieffektivitet, 4) reduktion af CO₂-udledningen og 5) fremme af forskning og innovation.

Konkret vil Europa-kommissionen blandt andet komme med forslag til et nyt elmarkedsdesign, der har til formål at forbedre forsyningssikkerheden og understøtte den grønne omstilling. I første omgang forventes kommissionen at fremlægge et "consultation paper" i sommeren

DIREKTIV for elforsyningssikkerhed

EU's direktiv om foranstaltninger til fremme af elforsyningssikkerhed og infrastrukturinvesteringer blev vedtaget i 2006 (Direktiv 2005/89/EF af 18. januar 2006).

Med direktivet pålægges medlemslandene blandt andet at sikre fastlæggelse af minimumsstandarder og krav for elnettets driftssikkerhed. Medlemsstaterne skal desuden træffe egnede foranstaltninger til at opretholde balance mellem efterspørgslen efter elektricitet og den produktionskapacitet, der er til rådighed. Medlemsstaterne pålægges endvidere at inddrage elforsyningssikkerhed og investeringsplaner i den rapport, medlemsstaterne er pålagt at offentliggøre og sende til Europa-Kommissionen hvert andet år i henhold til eldirektivet (artikel 4 i direktiv 2009/72/EF).

2015, hvor forskellige bud på europæisk markedsdesign vil blive præsenteret. Målet er, at der skal komme forslag til ny lovgivning i 2016. Det er forventningen, at Kommissionen først vil fokusere på regionale løsninger, som forløber for en fælleseuropæisk løsning for at sikre større fremdrift i markedsudviklingen. I forlængelse af fokus på markedsdesign forventes Kommissionen i 2016 at fremsætte forslag til en revision af elforsyningssikkerhedsdirektivet. Kommissionen forventes blandt andet at ville fastlægge acceptable "risikoniveauer" for forsyningsafbrydelser og udarbejde en fælles metode til at vurdere forsyningssikkerheden, hvor spørgsmålet om tilgængelig produktionskapacitet forventeligt vil være i spil. På nuværende tidspunkt varierer metoderne til at opgøre elforsyningssikkerhedssituationen meget mellem medlemsstaterne i EU. Kommissionen vil udvikle en metode, som tager højde for strømme på tværs af grænserne, variabel produktion af vedvarende energi, styring af efterspørgslen og lagringsmuligheder.

Danmark er allerede tæt integreret med nabolande på energiområdet gennem blandt andet det nordiske elsamarbejde og den nordiske elbørs, NordPool, og har gode erfaringer hermed. I lyset af at flere lande omkring Danmark også er i gang med en grøn omstilling af energisektoren og udlandets betydning for elprisen i Danmark, rummer et større regionalt og europæisk samarbejde på energiområdet både muligheder og udfordringer for Danmark.

Tyskland har taget initiativ til en møderække blandt 12 nabolande heriblandt Danmark samt Kommissionen om regionalt samarbejde om det fremtidige elmarked. Den tysklejede regionale proces er et forsøg på, i en regional sammenhæng, at adressere fælles udfordringer om kapacitet, forsyningssikkerhed og omkostningseffektiv indpasning af større mængde vedvarende energi. I juni

2015 blev man som resultat af processen enige om en fælles hensigtserklæring med en række fælles principper for den fremtidige udvikling af elmarkedet. Blandt de væsentligste principper kan nævnes intern og ekstern infrastrukturdbygning for at undgå flaskehalse, og at handel over grænserne skal ske på markedsvilkår og ikke begrænses i situationer med knaphed. Herudover vil man også udarbejde en fælles metode til vurdering af effekttilstrækkelighed med henblik på at udarbejde en fælles regional effekttilstrækkelighedsvurdering.

Generelt er sandsynlighedsberegninger til at vurdere effekttilstrækkelighed i regionale elsystemer ved at vinde indpas i EU-landene. Det Pentilaterale Energiforum (PLEF), som består af TSO'erne (transmissionssystem operatører) i landene Østrig, Belgien, Frankrig, Tyskland, Luxemburg, Holland og Schweiz offentliggjorde i marts 2015 en fælles regional effekttilstrækkelighedsvurdering ved hjælp af en sandsynlighedsbaseret tilgang for årene 2015/2016 og 2020/2021. Det er første gang, at en sådan analyse er blevet gennemført på regionalt plan. Arbejdet anvendes i ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity), hvor der arbejdes med en fælles sandsynlighedsbaseret metode til at vurdere effekttilstrækkeligheden, som blandt andet tager højde for deling af kapacitet på tværs af grænserne.

3 Effekttilstrækkeligheden i Danmark frem mod 2025

Som baggrund for analysen i dette projekt har Energistyrelsen i samarbejde med arbejdsgruppen gennemført en analyse af effekttilstrækkeligheden i Danmark i perioden frem mod 2025. Beregningerne udgør blandt andet en opdatering af effekttilstrækkelighedsberegningerne i Elanalysen². Beregningerne er gennemgået i notatet:

Beregning af effekttilstrækkelighed på SISYFOS, Energistyrelsen 15-06-2015.

Effekttilstrækkelighed er historisk blevet vurderet ved hjælp af kapacitetsbalancer, hvor antallet af MW fra forskellige termiske produktionsanlæg summeres under anvendelse af forskellige vægte og sammenlignes med det maksimale elforbrug. Selv om der også internationalt opereres med effektbalancer, er der en stigende erkendelse af, at denne metode ikke giver et fyldestgørende billede af effekttilstrækkeligheden³. Sandsynlighedsbaserede metoder er ved at blive udviklet – og anvendes i stigende omfang. Se fx Common statement by the Ministries in the Pentilateral Energy Forum d. 11. marts 2015.

I dette afsnit vurderes effekttilstrækkeligheden også ud fra en sandsynlighedsbaseret metode.

Effekttilstrækkeligheden (sandsynligheden for at der er værker og udlandsforbindelser nok) er en del af elforsyningssikkerheden (sandsynligheden for at der er el til rådighed, når den efterspørges).

Der er foretaget beregninger på Danmark alene og regionale beregninger omfattende Danmark, Norge, Sverige, Finland, Tyskland, Holland og Storbritannien, dvs. lande som Danmark er elmæssigt forbundet med eller kan blive forbundet med. I den nationale beregning er udlandet repræsenteret som punktleverandører. I den regionale beregning er lande uden for modellen med forbindelse til lande i modellen også repræsenteret som punktleverandører.

Der er regnet på et sæt basisdata samt et antal følsomheder. For danske kraftværksanlæg er benyttet Energinet.dk's analyseforudsætninger. For decentrale kraftvarmeværker

er benyttet Dansk Fjernvarmes spørgeskemaundersøgelse⁴. For dansk vindkraft, solceller og elforbrug er benyttet data fra Energistyrelsens Basisfremskrivning 2014. For udlandet er benyttet Entso-e data, Energinet.dk data samt data konstrueret ud fra Platts databasen over europæiske kraftværker.

Energistyrelsens sandsynlighedsbaserede model, SISYFOS, er benyttet til beregningerne. SISYFOS beregner hyppigheden af forventet effektmangel (Loss-of-load-probability; LOLP) samt forventet ikke-leveret energi (expected unreserved energy; EUE). Begge mål for effekttilstrækkeligheden omregnes til et antal minutter pr. år. SISYFOS beregner desuden gennemsnitlig effekttilgængelighed, importafhængighed og en række andre nøgletal. Det understeges, at beregninger af denne type er meget usikre. Dels er en række af de anvendte data usikre (fx antagelser om fremtidige lukninger af værker både i Danmark og udlandet), dels er der statistisk usikkerhed på beregningsresultaterne. Den første type usikkerhed belyses ved følsomhedsanalyser.



² Analyse af elnettets funktionalitet. Energistyrelsen 2014.

³ IEA, Secure and Efficient Electricity Supply During Transition to Low Carbon Power Systems, 2013 ENTSO-E, Target Methodology for Adequacy Assessment, October 2014 <https://www.entsoe.eu/about-entso-e/system-development/system-adequacy-and-market-modeling/adequacy-methodology/Pages/default.aspx>

⁴ Resultater fra rundspørge blandt decentrale kraftvarmeværker. Grøn Energi 2013.

Den statistiske usikkerhed imødegås ved at lave et stort antal beregninger.

Hovedkonklusioner fra beregningerne:

- Den beregnede effekttilstrækkelighed i dag er god, hvilket er konsistent med, at mangel på effekt ikke er konstateret i nyere tid.
- Det danske elsystem gennemgår en udvikling, hvor der bliver flere udlandsforbindelser, mere vindkraft og solcelleproduktion og mindre central og decentral kapacitet. Derfor bliver afhængigheden af udlandet større over tid. Dette er ikke i sig selv et problem for forsyningssikkerheden, men det bliver mere

TABEL 1
Beregnet effektmangel (national beregning).

MINUTTER/ÅR	2015	2020	2025
DK1	<-0,02	<-0,02	1,3 / 0,7
DK2	0,27 / 0,15	3,3 / 1,5	29 / 15

Blå tal
LOLP omregnet til antal minutter pr. år med effektmangel.

Røde tal
Forventet ikke-leveret energi (EUE) omregnet til vægtede minutter/år.

afgørende at sikre tilgængeligheden af udlandsforbindelserne og den kapacitet, der findes på den anden side af forbindelserne. Danmark har mere kapacitet i udlandsforbindelser omkring 2020 end det maksimale danske elforbrug og er på dette punkt langt bedre stillet end nabolandene.

- Der forekommer i den nationale beregning tilfælde med effektmangel i DK2 (Østdanmark) i hele perioden. Hyppigheden af effektmangel får dog først en væsentlig størrelse efter 2020. Ved "væsentlig størrelse" forstås, at antallet af minutter med effektmangel bliver ikke-forsvindende i forhold til det samlede antal afbrudsminutter, der skyldes lavspændings- og transmissionsnettet (ca. 40 minutter/år). Der forekommer først effektmangel i DK1 (Vestdanmark) omkring 2025, dog af en meget begrænset størrelse. Effektmangel er opgjort i minutter på to forskellige måder. LOLP-minutter angiver den forventede hyppighed af effektmangel uden hensyntagen til, hvor omfattende den bliver. EUE-minutter estimerer den forventede forekomst af ikke-leveret energi og omregner den til minutter, så disse i princippet kan sammenlignes med de historiske minutangivelser. Se Tabel 1.
- Disse niveauer af forekomsten af effektmangel er i rimelig overensstemmelse med Elanalysen fra 2014.
- Den beregnede hyppighed af effektmangel i Danmark i de regionale beregninger er mindre end i de nationale beregninger. Ideelt burde de nationale og de regionale beregninger give tilnærmelsesvist samme sandsynlighed for effektmangel i Danmark, såfremt de indgåede data er korrekte. Det kunne derfor tyde på, at de forudsatte sandsynligheder for, at nabolandene ikke kan

levere til Danmark, er overvurderede i den nationale beregning. Beregningerne antyder således blandt andet, at tidsforskydningerne mellem de forskellige nabolande i elforbrug, vindkraftproduktion og solcelleproduktion giver mulighed for i betydeligt omfang at "dele forsyningssikkerhed".

- Der er ikke i beregningerne taget hensyn til andre begrænsninger på udlandsforbindelserne end de rent fysiske. I virkeligheden kan der imidlertid forekomme begrænsninger på udlandsforbindelserne, som er markedsrelaterede snarere end fysiske. Det kan derfor være relevant at anlægge en lidt konservativ vurdering af udlandets evne til at levere til Danmark.
- Det vurderes relevant at fortsætte med både regionale og nationale beregninger af effekttilstrækkeligheden, da begge typer af beregning kan belyse hvert deres aspekt af elforsyningssikkerheden.
- Den gennemsnitlige effektreserve (gennemsnitlig effekt til rådighed i området forhold til maxforbrug) i DK1 er større end i DK2 i hele perioden.
- Effektmangel forekommer ikke kun under spidslastforbrug, og når det er vindstille. Derfor er traditionelle effektbalancer ikke særligt gode til at sige noget om effekttilstrækkeligheden (eller forsyningssikkerheden).

Der er udført en række følsomhedsanalyser.**Resultatet af disse gennemgås kort:**

- Hvis der ikke i omverdenen (navnlig Tyskland) i et vist omfang bygges termisk kapacitet til erstatning af lukket kernekraft og anden termisk kraft, kan sandsynligheden for effektmangel i Tyskland stige markant. Dette vil reducere den danske effekttilstrækkelighed. En sådan udvikling i Tyskland vil næppe finde sted i praksis, men beregningen understreger vigtigheden af at følge med i udviklingen af kapaciteten i Tyskland og udlandet i øvrigt.
 - Øget havarihyppighed på udlandsforbindelserne og øget sandsynlighed for, at nabolandene ikke kan levere til Danmark, reducerer effekttilstrækkeligheden markant.
 - Lukning af kernekraftværkerne Ringhals 1 og 2 ser ikke ud til at have markant indvirkning på effekttilstrækkeligheden i Danmark.
 - Hurtigere og mere omfattende lukning af decentrale og centrale værker end forudsat i basisberegningen reducerer effekttilstrækkeligheden i både DK1 og DK2. Mest markant i DK2 og mest markant efter 2020.
 - En ekstra storebæltsforbindelse eller en forbindelse til Storbritannien vil begge forbedre effekttilstrækkeligheden. En ekstra storebæltsforbindelse vil dog have langt den største effekt, da effekttilstrækkeligheden er lavest i DK2. Denne vurdering omfatter alene effekttilstrækkeligheden og ikke evt. andre fordele ved forbindelserne.
- Vindkraften bidrager til forsyningssikkerheden i den forstand, at hvis vindkraften ikke havde været der, ville effekttilstrækkeligheden være langt ringere, og hvis der bygges mere vindkraft, vil effekttilstrækkeligheden forbedres.
 - Omkring 200 MW fleksibelt forbrug, der kan aktiveres samtidigt ville kunne fjerne ca. halvdelen af den forventede forekomst af effektmangel i 2025.

4 Resultater fra DAMVAD's analyse af forbrugers omkostninger ved planlagte og ikke-planlagte strømafbryd

Som en del af projektet har eksterne konsulenter fra DAMVAD udarbejdet en særskilt analyse af forskellige forbrugergrupperes omkostninger ved planlagte og ikke-planlagte strømafbryd. Formålet med analysen har været at bidrage til opgørelsesmetoden for elforsyningssikkerhed. Analysen og resultaterne er beskrevet i DAMVADs rapport **“Analyse af omkostninger ved afbrydelser af elforsyning”**.

En forbedring af forsyningssikkerheden, som f.eks. etablering af en ny udlandsforbindelse eller indkøb af flere reserver kan i princippet vurderes ved at sammenholde samfundets omkostninger ved strømafbryd med omkostningen ved at forbedre forsyningssikkerheden. Resultaterne fra DAMVAD's analyse giver et bidrag til en sådan vurdering, men der er behov for yderligere analyser, før det er muligt at lave konkrete vurderinger af denne slags. Det skyldes dels, at estimerne fra DAMVAD's analyse er forbundet med en vis usikkerhed, dels at analysen ikke inddrager alle omkostningerne i samfundet ved et strømafbryd.

Analysen bygger på en spørgeskemaundersøgelse blandt forbrugergrupperne: husholdninger, industri, landbrug og

private serviceerhverv. I alt har 645 virksomheder og 1.001 husholdninger besvaret undersøgelsen.

Analysen tager udgangspunkt i forbrugernes direkte monetære omkostninger ved strømafbrydelser. Omkostningerne bestemmes i forhold til varigheden af strømafbrydelserne, hvornår på døgnet, ugen og året el-afbrydelser finder sted samt om afbrydelserne er varslet. DAMVAD's analyse giver dermed en indikation på størrelsen af omkostningerne for forskellige forbrugergrupper ved forskellige typer af strømafbryd.

Analysen viser, at alle forbrugere kan minimere deres omkostninger ved strømafbryd, hvis afbryddet varsles inden, samt at omkostningerne varierer mellem forskellige forbrugergrupper, og afhængigt af længden og tidspunktet afbryddet sker. De specifikke omkostningsestimater er dog forbundet med en vis usikkerhed, bl.a. på grund af en lav svarprocent for virksomhederne på grund af emnets kompleksitet. Herudover er spørgeskemaundersøgelser generelt forbundet med en vis usikkerhed, hvor typen af spørgsmål kan have betydning for resultatet. I denne specifikke

undersøgelse kan det både for virksomheder og husholdninger være vanskeligt at forholde sig til deres omkostninger ved et strømafbryd, eftersom der sjældent sker strømafbryd i Danmark. Endelig må det formodes, at virksomheder med høje omkostninger ved strømafbrydelser har haft en større tilskyndelse til at deltage. Samlet betyder dette, at analysens resultater skal tolkes med en vis varsomhed.

I analysen fra DAMVAD undersøges forbrugernes omkostninger ved et strømafbryd, men et strømafbryd vil ikke nødvendigvis kun medføre omkostninger for forbrugerne. En analyse af omkostningerne ved strømafbryddet i 2003, som COWI foretog, viste, at elsektoren havde betydelige omkostninger ved afbryddet. En særskilt analyse af omkostninger i elsektoren ved strømafbryd vil derfor være relevant i forhold til at opgøre de samlede samfundsøkonomiske omkostninger ved et strømafbryd.

Nedenfor resumeres de væsentligste resultater fra analysen. For en uddybende beskrivelse af analysen samt resultater henvises til DAMVAD's rapport **“Analyse af omkostninger ved afbrydelser af elforsyning”**.

Hovedkonklusioner fra DAMVAD's analyse

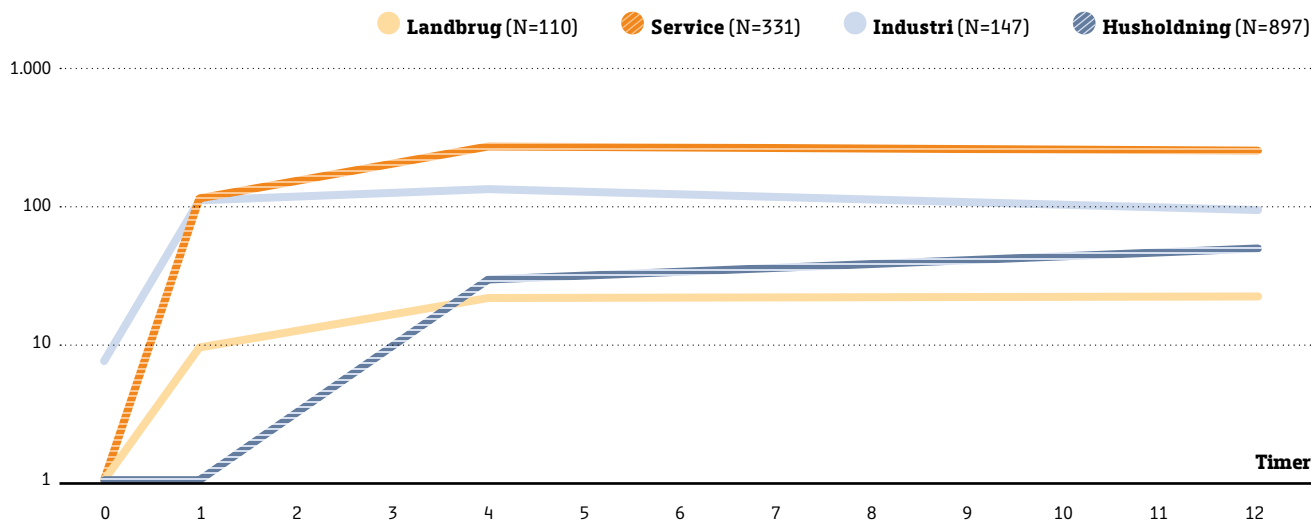
Omkostninger for forskellige forbrugergrupper:

- Analysen peger på, at industri og servicevirksomheder har signifikant højere omkostninger end landbruget og husholdningerne.
- Alle forbrugergruppernes omkostninger per tabt kWh stiger, jo længere afbruddet varer indtil afbrud af 4 timers varighed. Herefter er omkostningerne per kWh faldende eller konstante, jf. figur 6.

- Samlet set kan det konkluderes, at hvis elsystemet har behov for at købe / kompensere forbrugerne for afbrydelser, så vil det for en et-minuts afbrydelse være forbundet med færrest omkostninger pr. kWh at afbryde landbruget, service eller husholdninger. Ved afbrydelser af en time eller længere varighed vil det være forbundet med færrest omkostninger at afbryde husholdningerne og landbruget.

FIGUR 6

Normaliserede omkostninger (kr./kWh) som funktion af varighed, median.



Kilde DAMVAD 2015

Note Omkostningsfunktionerne er præsenteret for referencescenariet ved lineær interpolering mellem de fire afbrydelsesvarigheder: 1 minut, 1 time, 4 timer og 12 timer. Logaritmisk skala. 50 pct. af husholdningerne angiver en omkostning på 0 kr., ved en strømafbrydelse på hhv. 1 minut og 1 time.

- Mindst 50 pct. af husholdningerne angiver en direkte monetær omkostning på 0 kr. ved en strømafbrydelse på hhv. 1 minut og 1 time. Der er dog også nogle respondenter, der har angivet, at en strømafbrydelse har monetære omkostninger, også ved kortere varigheder, hvilket trækker gennemsnittet for alle husholdninger op på 9 kr. for 1 minut og 106 kr. for en time.

Betydningen af omstrømafbuddet er planlagt eller ej:

- Varsling kan bidrage til en betydelig reduktion af omkostninger for samtlige forbrugergrupper. Med en varsling af en el-afbrydelse på blot to timer kan landbrugserhvervene, serviceerhvervene og husholdningerne gennemsnitligt reducere deres omkostninger med knap en tredjedel. Resultaterne viser, at industrivirksomhederne har brug for lidt længere varsling for at opnå tilsvarende reduktioner.
- Samlet set indikerer undersøgelsen, at alle forbrugergrupper har brug for mellem 8 og 24 timers varsel for at kunne reducere omkostningen mest muligt.

Betydning af årstid, ugedag og tidspunkt på dagen:

- Årstid har ganske omfattende betydning for især landbruget og husholdninger, mens der ikke er nogen særlig sæsonvariation i omkostningerne for service- og industrivirksomhederne.
- Når der ses på betydningen af, om en elafbrydelse sker i hverdagen vs. i en weekend/helligdag, tyder resultaterne på, at det har nogen betydning for erhvervslivet,

mens ændringen i omkostningerne for husholdningerne er ubetydelig.

- Tidspunktet på dagen for afbrydelsen har stor betydning for samtlige forbrugergrupper. Industri- og servicevirksomheder har højest omkostninger per tabt kWh inden for normal arbejdstid (08-16). Mens landbruget og husholdninger har klart højest omkostninger om aftenen/natten.

Betydningen af forbrugeres strømsvigtsforanstaltninger:

- En stor del af virksomhederne i undersøgelsen har foretaget strømsvigtsforanstaltninger. Blandt landbrugsvirksomhederne har 69 pct. en eller anden form for strømsvigtsforanstaltning. Til sammenligning har 51 pct. og 46 pct. af hhv. service- og industrivirksomhederne investeret i strømsvigtforanstaltninger.
- De virksomheder, der har foretaget strømsvigtsforanstaltninger, har generelt ikke lavere omkostninger per kWh end de virksomheder, der ikke har gennemført nogen foranstaltninger. I serviceerhvervene har de faktisk væsentligt højere omkostninger per kWh. Dette kan virke kontraintuitivt, men kan dække over, at strømsvigtsforanstaltninger kun delvist reducerer virksomhedernes omkostninger, og at der også er omkostninger forbundet ved selve driften af nødstrømsanlæg. Det virker samtidigt plausibelt, at de virksomheder, der har investeret i strømsvigtsforanstaltninger, inden investeringen, havde højere omkostninger ved afbrud end lignende virksomheder.

Kilde DAMVAD

5 Anbefalinger

Aktørerne er enige om en række anbefalinger til udvikling af prognoser for effekttilstrækkelighed, samt til Energinet.dk's afrapportering om effekttilstrækkelighed specifikt og tilstanden for elforsyningssikkerhed generelt og det videre arbejde med disse emner. Formålet med anbefalingerne er tredelt. De skal:

- 1 fremme en fælles forståelse for, hvordan effekttilstrækkelighed bidrager til elforsyningssikkerhed, og metoden hvormed effekttilstrækkelighed opgøres i prognoser fremadrettet
- 2 danne mere præcise rammer for Energinet.dk's overvågning og rapportering af elforsyningssikkerhed
- 3 danne grundlag for det opfølgende arbejde

Anbefalingerne vedrørende opgørelsesmetoden for prognoser for effekttilstrækkelighed og opfølgende arbejde henvender sig til både aktører, Energistyrelsen og Energinet.dk. De er udviklet på baggrund af arbejdet med opdatering af status for effekttilstrækkelighed i Danmark.

Anbefalingerne vedrørende rapportering af elforsyningssikkerheden henvender sig til Energinet.dk og deres redegørelse for elforsyningssikkerhed og tager udgangspunkt i El-reguleringsudvalgets forslag til elforsyningssikkerhedsredegørelsen.

Anbefalinger vedrørende metoden anvendt til udarbejdelse af prognoser for effekttilstrækkelighed

Der er fem overordnede anbefalinger til udarbejdelse af fremtidige prognoser for effekttilstrækkelighed.

1 Der anvendes en sandsynlighedsbaseret metode i prognoser for effekttilstrækkelighed

Effekttilstrækkelighed er historisk blevet vurderet ved hjælp af kapacitetsbalancer, hvor antallet af MW fra forskellige produktionsanlæg summeres under anvendelse af forskellige vægtninger og sammenlignes med det maksimale elforbrug. Denne metode har sine begrænsninger og er ikke længere en retvisende metode til at vurdere effekttilstrækkeligheden. Mangel på kapacitet forekommer ikke nødvendigvis i spidslasttimen eller i timer, hvor det er vindstille. De forskellige teknologiers bidrag til tilstrækkelighed er reelt et spørgsmål om sandsynligheden for deres rådighed, når der er efterspørgsel efter dem.

Selvom der internationalt fortsat opereres med kapacitetsbalancer, er der en stigende erkendelse af, at denne metode ikke giver et fyldestgørende billede af den samlede elforsyningssikkerhed⁵. Tendensen er, at mange lande i stigende grad anvender sandsynlighedsberegninger til at vurdere effekttilstrækkelighed i elsystemet.

En sandsynlighedsbaseret tilgang, der inddrager flere variable (kraftværker, vind, sol, de internationale forbindelser og transmissionsnettet) giver et mere retvisende billede af sandsynligheden for, at der er tilstrækkelig effekt til at tilfredsstille forbruget i alle årets timer.

En sandsynlighedsbaseret tilgang til beregning af fremtidens elforsyningssikkerhed er også mere forenelig med definitionen af elforsyningssikkerhed – “**sandsynligheden**

for at der er el til rådighed, når den efterspørges”- end effektbalancer.

Det anbefales derfor, at der anvendes en sandsynlighedsbaseret metode i prognoser for elforsyningssikkerhed.

2 Afrapportering omkring effekttilstrækkelighed opgøres som hyppigheden af forventet effektmangel og forventet ikke-leveret energi

En sandsynlighedsbaseret tilgang til effekttilstrækkelighed måler i første omgang risikoen for, at der opstår effektmangel i en given periode. Der anvendes flere forskellige begreber til at beskrive resultaterne af sandsynlighedsberegninger af effekttilstrækkelighed.

For at resultaterne af prognoser for effekttilstrækkelighed bedre kan sammenlignes med den historiske opgørelse af effekttilstrækkelighed anbefales det, at prognoser for effekttilstrækkelighed opgøres som Loss Of Load Probability (LOLP) - sandsynligheden for effektmangel i en given time - og Expected Unserved Energy (EUE) - det samlede energiforbrug, der forventeligt ikke dækkes af produktionen.

LOLP beskriver sandsynligheden for, at der skulle opstå effektmangel i en given time og beregnes ved hjælp af Monte Carlo simuleringer. Det omsættes til et antal minutter per år ved at gange sandsynligheden for, at der opstår effektmangel med 8760 timer × 60 minutter.



⁵ IEA, Secure and Efficient Electricity Supply During Transition to Low Carbon Power Systems, 2013

ENTSO-E, Target Methodology for Adequacy Assessment, October 2014

<https://www.entsoe.eu/about-entso-e/system-development/system-adequacy-and-market-modeling/adequacy-methodology/Pages/default.aspx>

EUE beregner forventning til ikke-leveret energi i de timer, hvor der opstår effektmangel. I Danmark er gennemsnitsforbruget i et minut omkring 65 MWh. EUE udtrykkes dermed ved at opgøre effekt mangelen i modelkørslerne og dividere med 65 MWh/minut. Det giver et udtryk for, hvor meget energi, der ikke leveres på grund af manglende effekttilstrækkelighed.

Ved beregning af EUE inkluderes mulige følgevirkninger af effektmangel ved at estimere sandsynligheden for, at effektmangel identificeret i modelberegningerne fører til systemkollaps på grund af kaskadeafbobligheder forårsaget af for få kørende centrale kraftværksblokke. Dermed indgår elementer af systemsikkerhed i EUE.

Den anvendte metode til beregning af EUE er udarbejdet af Energinet.dk. Det anbefales, at der arbejdes videre med at forbedre Energinet.dk's EUE-metode for at sikre robustheden i metoden.

3 Ved udarbejdelse af prognoser for effekttilstrækkelighed suppleres forudsætninger med en række følsomheder, der afspejler de væsentligste usikkerheder i forhold til sikring af effekttilstrækkeligheden fremover

Det er vigtigt, at udgangspunktet for prognoser for effekttilstrækkelighed repræsenterer et plausibelt billede af fremtiden, der er genkendeligt for aktørerne i elsektoren. Forudsætningerne anvendt i analyserne er afgørende for, hvilke resultater man kommer frem til. Derfor har en stor del af arbejdet under dette projekt fokuseret på at forstå og komme til enighed om, hvilke forudsætninger der bør anvendes i udvikling af prognoser.

Forudsætninger, metoder og inputdata skal i videst muligt omfang være transparente og være sammenlignelige med data anvendt i andre europæiske lande og samarbejder fx Nord Pool og ENTSO-E. Det anbefales derfor, at:

- der så vidt muligt anvendes offentligt tilgængelige data
- der anvendes data udarbejdet efter en gennemskuelig og veldokumenteret metode

Det anbefales, at forudsætningerne suppleres med en række følsomhedsanalyser. Følsomhedsanalyser omfatter ændringer i enkelte parametre en ad gangen for at belyse, hvordan usikkerheder i forudsætningerne påvirker resultaterne i prognoser for effekttilstrækkelighed. Følsomhedsanalyser foretages som udgangspunkt for både op- og nedjustering af den enkelte forudsætning.

Følsomhederne i prognoserne skal afspejle relevante emner for elforsyningssikkerhed i fremtiden. Det anbefales, at følsomhedsanalyser gennemføres inden for følgende overordnede emner:

- Produktionskapacitet i Danmark
- Internationale forbindelser
- Forbrugsfleksibilitet
- Produktionskapacitet i udlandet

4 Prognoser for effekttilstrækkelighed bør, i det omfang det er hensigtsmæssigt, udarbejdes i overensstemmelse med krav til afrapportering om effekttilstrækkelighed, som Danmark har forpligtet sig til internationalt

På internationalt plan er der flere overvejelser om at udarbejde en fælles metode til at opgøre effekttilstrækkeligheden, blandt andet i ENTSO-E og Energiunionen. Fremtidige prognoser for effekttilstrækkelighed bør, i det omfang det er hensigtsmæssigt, udarbejdes, så de er i overensstemmelse med de internationale metoder. Det vil give bedre muligheder for at sammenligne niveauet for elforsyningssikkerhed i Danmark med resten af Europa.

5 Prisfleksibelt forbrug bør så vidt muligt inddrages i prognoser for effekttilstrækkelighed

Da definitionen af elforsyningssikkerhed blev opdateret i 2014, blev bisætningen "når den efterspørges" tilføjet den hidtidige definition. Det inkluderer muligheden for at inddrage prisfleksibelt forbrug i beregning af effekttilstrækkelighed. Udrulning af intelligente elmålere frem mod 2020 vil give bedre vilkår for at analysere potentialet for inddragelse af forbrug i tilstrækkelighedsanalyser.

Det anbefales, at prisfleksibelt forbrug inddrages i prognoser for effekttilstrækkelighed og sammenlignes med alternative tiltag til at opnå det ønskede niveau af forsyningssikkerhed, når der er tilstrækkelig viden og data omkring potentialet for prisfleksibelt forbrug.

Anbefalinger vedrørende afrapportering om tilstanden for elforsyningssikkerhed

El-reguleringsudvalget anbefalede, at Energinet.dk hvert år udarbejder en redegørelse til ministeren, der beskriver tilstanden for elforsyningssikkerheden med hensyn til en række nærmere fastlagte forhold.

Deltagerne i projektet er enige i følgende anbefalinger vedrørende rapportering af elforsyningssikkerheden. Energinet.dk arbejder på at føre anbefalingen fra El-reguleringsudvalget ud i livet, og den første redegørelse forventes klar i løbet af 2015.

6 Afbrudsstatistik bør fordeles på årsager og gengives for en længere periode end 10 år, og inkludere antallet af afbrudsminutter forårsaget af manglende effekt

Hidtil har rapportering om afbrudsstatistik indeholdt information om, hvorvidt strømafbud skyldtes fejl i eget distributionsområde eller fejl udenfor eget distributionsområde. Det anbefales, at afbrudsstatistik fremover også inkluderer afbrud, der skyldes effektmangel, og disse situationer beskrives med henblik på bedre forståelse af, hvorfor situationen er opstået. Det giver større gennemsigtighed i udvikling i effekttilstrækkelighed over tid og kan også bidrage til at forbedre metoden og modellen.

Det anbefales, at afbrudsstatistik gengives for en længere periode end 10 år for at inkludere sjældne, men omfattende begivenheder i elsystemet, som fx afbrydelser på grund af systemsikkerhed m.v., der giver gennemslag i afbrudsstatistikken.

7 Energinet.dk bør i afrapporteringen inddrage relevante indikatorer for tilstanden af elforsyningssikkerhed i Danmark

Energinet.dk er allerede forpligtet til at indberette hændelser i elsystemet ifølge EU's forordning, EC 714/2009 vedrørende grænseoverskridende elhandel i det indre marked. Formålet med indberetningsmetoden for hændelser er at øge samarbejdet omkring driften af elsystemet. Indberetningen omfatter primært hændelser forbundet med systemsikkerhed og sikrer en fælles klassifikation af hændelser. Opgørelsen af hændelser bidrager til at skabe opmærksomhed om udviklinger i elsystemet, der kan

være u hensigtsmæssige, men er også en mulighed for at skabe dialog omkring de bagvedliggende årsager til hændelser, og deraf følgende handlingstiltag. Hændelser indberettes til ENTSO-E.

Det anbefales som supplement til ovenstående, at Energinet.dk's redegørelse for elforsyningssikkerhed inkluderer en række indikatorer ledsaget af en forklaring af disse indikatorers betydning for elforsyningssikkerheden. Indikatorerne fokuserer på eventuelle u hensigtsmæssige udviklinger i elsystemet, herunder indgreb i markedsfunktionen. Indikatorerne vedrører både elsystemets sikkerhed og tilstrækkelighed.

Relevante indikatorer kunne være:

- anvendt strategiske reserver
- begrænset rådighed på udlandsforbindelserne
- afkoblet forbrug både frivilligt og ufrivilligt
- afviste revisionsplaner
- tvangskørsler
- situation med skærpet drift og nøddrift
- manglende markeds kryds
- anvendt 2nd auctions, når de bliver implementeret
- udsendt "urgent market messages" om høje priser

Anbefalinger vedrørende opfølgende arbejde med elforsyningssikkerhed

8 Der videreføres et fagligt forum for drøftelse af metodeudvikling for beregning af effekttilstrækkelighed og elforsyningssikkerhed generelt

Opgørelsesmetoden til udarbejdelse af prognoser for effekttilstrækkelighed bør være under konstant udvikling. Forudsætninger og politiske prioriteringer, herunder i udlandet, ændrer sig med tiden, og modeller udvikles konstant. Der er et ønske om at videreføre samarbejdet blandt aktørerne i en mindre formel struktur end den anvendte i dette projekt, hvor bl.a. de tekniske aspekter ved udvikling af prognoser for effekttilstrækkelighed løbende kan drøftes. Herudover kan betydningen for systemsikkerheden som følge af udviklingen med færre centrale og decentrale kraftværker, herunder forventninger til fremtidig markedsdeltagelse fra disse enheder, analyseres nærmere.

Det anbefales, at et fagligt forum bestående som udgangspunkt af deltagerne i arbejdsgruppen videreføres til at drøfte metodeudvikling for beregning af effekttilstrækkelighed og elforsyningssikkerhed generelt.

9 Anbefalinger i relation til arbejdet om udvikling af et nyt EU Direktiv om elforsyningssikkerhed

Europa-Kommissionen vil under den kommende revision af elforsyningssikkerhedsdirektivet udarbejde en europæisk metode til vurdering af effekttilstrækkelighed i medlemsstaterne. Anbefalingerne fra projektet kan udgøre et indspil til den danske forhandlingsposition.

10 Anbefalingerne er et fagligt input til et evt. lovgrundlag for El-reguleringsudvalgets forslag om en årlig redegørelse for elforsyningssikkerhed

El-reguleringsudvalget foreslog, at Energinet.dk udarbejder en årlig forsyningssikkerhedsredegørelse til ministeren, som beskriver elforsyningssikkerheden historisk og fremadrettet. Hvis der skal udarbejdes en lovmæssig ramme for en sådan redegørelse, foreslås det, at anbefalingerne i nærværende projektet inddrages.

Bilag Projektdeltagere

	STYREGRUPPE	ARBEJDSGRUPPE
Energistyrelsen (formand)	Direktør Morten Bæk	Lars Nielsen, Edward James-Smith, Sandra Friis-Jensen og Sigurd Lauge Pedersen
DI	Branchedirektør Troels Ranis	Ingeborg Ørbech
Dansk Energi	Adm. direktør Lars Aagaard	Stine Leth Rasmussen og Christian Dahl Winther
Dansk Fjernvarme	Direktør Kim Mortensen	Nina Detlefsen
Danmarks Vindmølleforening	Direktør Asbjørn Bjerre	Henrik Skotte
Energinet.dk	Direktør Søren Dupont Kristensen	Carsten Vittrup og Stine Grenaa Jensen
Forbrugerrådet Tænk	Vicedirektør Vagn Jelsø	Søren Dyck-Madsen
Vindmølleindustrien	Adm. direktør Jan Hylleberg	Martin Risum Bøndergaard
Landbrug & Fødevarer	Afdelingschef Jens Astrup Madsen	Mikkel Stein Knudsen

Elforsyningssikkerhed i Danmark

1. udgave, 2015

Udgiver

Energistyrelsen
Amaliegade 44
1256 København K
Tlf.: 33 92 67 00
Fax: 33 11 47 43
E-mail: ens@ens.dk
www.ens.dk

ISBN

978-87-93180-04-8

Redaktion

Energistyrelsen

Design

e-Types & e-Types Daily

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.