

# DEFU RAPPORT

RA615

September 2018

## Leveringssikkerhed i Danmark

Afbrudsstatistik for det danske elnet 2008-2017



Rapporten er udarbejdet af:

Marie Faber Frølich  
Louise Carina Jensen

Dansk Energi  
Dansk Energi

---

<b>DEFU-rapport:</b>	RA615
<b>Klasse:</b>	1
<b>Rekvirent:</b>	Dansk Energi – Net
<b>Dato for udgivelse:</b>	20. september 2018
<b>Sag:</b>	7025



## RESUME

Denne rapport omhandler afbrudsstatistik for alle statistikområder i Danmark for årene 2008-2017. Endvidere beskrives leveringssikkerheden, som kunden oplever den. Alle nøgletal viser en god leveringssikkerhed. Det er sjældent, at danske kunder oplever afbrud, og når de gør, er de korte.

Datagrundlaget udgøres af de inddateringer, som netselskaberne har foretaget i ELFAS-webportalen. I appendiks 1 ses en samlet oversigt over de netselskaber og statistikområder, som indgik i ELFAS-samarbejdet pr. 1. januar 2017.

Formålet med afbrudsstatistikken er at analysere leveringssikkerheden i det danske elnet ved at se på hyppigheden og varigheden af gennemsnitlige kundeafbrydelser. Hvert enkelt netselskab har adgang til egne data og kan ved hjælp af denne rapport sammenligne sig med landsgennemsnittet. Som denne rapport også viser, kan enkelte hændelser spille kraftigt ind, og derfor er det vigtigt at opdele både spændingsniveauer og hændelsestyper for at lave en sammenligning på tværs af selskaber.

Antallet og varigheden af kundeafbrydelser beskrives via nøgletallene SAIDI<sup>1</sup>, SAIFI<sup>2</sup> og CAIDI<sup>3</sup>. Det gøres først for alle seks spændingsniveauer i Danmark. Henholdsvis lavspænding, 1-24 kV, 25-99 kV, 100-169 kV, 170-350 kV og 400 kV. For statistikområdet 1-24 kV fordeler vi også tallene i afbrudskategorier, da dette område er mest signifikant for de samlede tal.

Statistikken for 2017 viser, at den gennemsnitlige afbrudshyppighed pr. kunde (SAIFI) i 2017 var 0,46 afbrud pr. kunde. Desuden var den gennemsnitlige afbrudsvarighed pr. kunde (SAIDI) 22,3 minutter. Det svarer til en gennemsnitlig leveringssikkerhed for hele landet på 99,996 %, hvilket er på samme høje niveau, som er set hele perioden, hvor der er ført statistik på ASAI<sup>4</sup> tal, 2006-2017<sup>5</sup>.

	SAIFI [Antal]	SAIDI [afbrudsmin.]	ASAI [%]	CAIDI [min. pr. afbrydelse]
<b>2017</b>	0,46	22,3	99,996	48,1
<b>Gennemsnit (2008-2017)</b>	0,46	20,1	99,996	43,5
<b>Standardafvigelse</b>	0,041	2,0	-	3,4

<sup>1</sup> SAIDI - System Average Interruption Duration Index: Gennemsnitlig varighed af kundeafbrydelse pr. alle kunder

<sup>2</sup> SAIFI - System Average Interruption Frequency Index: Gennemsnitlig hyppighed af kundeafbrydelse pr. alle el-kunder

<sup>3</sup> CAIDI - Customer Average Interruption Duration Index: Gennemsnitlig varighed af kundeafbrydelse pr. hyppighed af kundeafbrydelse (SAIDI/SAIFI) dvs. varighed af kundeafbrydelse pr. afbrud

<sup>4</sup> ASAI - Average Service Availability Index: Procent af året en el-kunde ikke er afbrudt

<sup>5</sup> I hele perioden har leveringssikkerheden været over 99,99%



## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>Resume .....</b>	<b>5</b>
<b>Indholdsfortegnelse .....</b>	<b>7</b>
<b>Konklusion .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Indledning.....</b>	<b>11</b>
<i>Spændingsniveauer.....</i>	<i>12</i>
<b>2 Leveringssikkerhed i Danmark - afbrudsstatistik.....</b>	<b>13</b>
2.1 SAIDI - Gennemsnitlig varighed af kundeforbrud pr. kunde .....	13
2.2 SAIFI - Gennemsnitlig afbrudshyppighed pr. kunde .....	17
2.3 CAIDI – Gennemsnitlig varighed af et kundeforbrud for et givet statistikområde .....	21
2.4 Signifikante hændelser for områderne 25-99 kV og 100-169 kV.....	23
<b>3 Leveringssikkerhed for statistikområdet 1-24 kV .....</b>	<b>25</b>
3.1 SAIDI - Gennemsnitlig varighed af forbrud pr. kunde.....	26
3.2 SAIFI - Gennemsnitlig afbrudshyppighed pr. kunde .....	27
3.3 CAIDI – Den gennemsnitlige varighed af kundeforbrud .....	29
<b>4 Referenceliste .....</b>	<b>32</b>
<b>Appendiks 1 ELFAS-samarbejdet.....</b>	<b>33</b>
A1.1 Selskaber i ELFAS-samarbejdet pr. 1. januar 2017.....	33
<b>Appendiks 2 Begrebsforklaring .....</b>	<b>34</b>
<b>Appendiks 3 Beregningsmetoder.....</b>	<b>35</b>
A3.1 Indsamling af data.....	35
A3.2 SAIDI – Gennemsnitlig varighed af kundeforbrud pr. kunde.....	36
A3.3 SAIFI – Gennemsnitlig afbrudshyppighed pr. kunde.....	36
A3.4 CAIDI– Gennemsnitlig varighed af et kundeforbrud for et givet statistikområde .....	36
A3.5 ASAI – Leveringssikkerhed i procent af året .....	38
A3.6 Standardafvigelse .....	38
A3.7 CEER-Benchmarkingtal .....	39



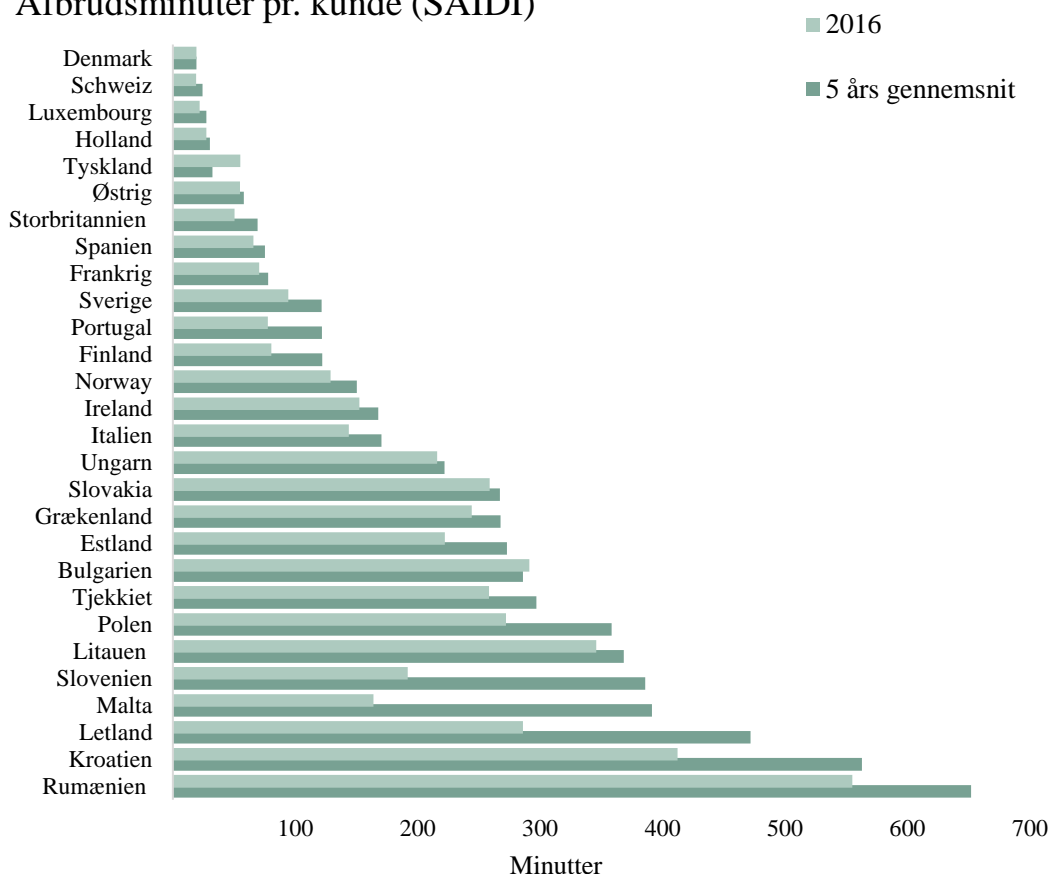


## KONKLUSION

Danmark har historisk ligget i den absolutte top, når det kommer til leveringssikkerhed i Europa, og det er fortsat gældende for 2017.

Ifølge rapporten fra Council of European Energy Regulators (CEER) har Danmark den højeste leveringssikkerhed, når man lægger afbrudsminutterne i hvert af de 28 lande sammen for de seneste fem år [Ref. 5]. Se Figur K-1.

### Afbrudsminuter pr. kunde (SAIDI)



Figur K-1: CEER benchmarking SAIDI-tal, se afsnit A3.7 for beregningsmetode

Der er fire parametre, som man indenfor leveringssikkerhed beregner på, SAIFI, SAIDI, ASAI og CAIDI. Disse kan ses i Tabel K-1. Overordnet har vi i Danmark ikke oplevet signifikante udsving, og vi har bibeholdt det høje niveau i leveringssikkerhed.

Tabel K-1: Danske nøgletal for 2017

	SAIFI	SAIDI	ASAI	CAIDI
	[Afbrud pr. kunde]	[Afbrudsminutter pr. kunde]	[Procent af året en kunde har strøm]	[Gennemsnitsvarighed af afbrud]
År 2017	0,46	22,3min	99,996%	48,1 min
Gennemsnit (2008-2017)	0,46	20,1min	99,996%	43,5min
Standardafvigelse	0,041	2,0min	-	3,4min

## Konklusion

---

Den gennemsnitlige afbrudshyppighed pr. kunde (SAIFI) for alle statistikområder var 0,46 afbrud pr. kunde i 2017, mens den gennemsnitlige leveringssikkerhed for hele landet lå på 99,996 % af årets 8.760 timer.

Den gennemsnitlige varighed af afbrud pr. kunde (SAIDI) i 2017 var på 22,3 minutter, hvilket er den højeste siden 2008. Det gennemsnitlige SAIDI-nøgletal for samme periode var på 20,1 minutter med en standardafvigelse på 2 minutter. Den laveste observation var på 15,7 minutter i 2014.

*For hele perioden er leveringssikkerheden i Danmark holdt på et meget højt niveau.*

Afbrudshyppigheden (SAIFI) er også holdt på et næsten konstant niveau, omkring 0,46 afbrud pr. kunde i perioden med et maks. i 2012 på 0,54. Standardafvigelsen er på 0,041.

For statistikområdet 1-24 kV ses et samlet fald i den gennemsnitlige afbrudsvarighed pr. kunde (SAIDI), fra 16,1 minutter pr. kunde i 2008 til 13,4 minutter pr. kunde i 2017. Der er en relativ lav spredning i tallene. For SAIDI-nøgletallene er spredningen størst for uvarslede afbrud med en spredning på 1,5 minutter, hvilket stadig er lavt. Det kan noteres, at afbrudsminutter grundet varslede afbrud og afbrud grundet en tredjepart (påkørsel eller gravearbejde) er faldet med henholdsvis 66 % og 40 % - altså fra 3 minutter til 1 minut og 2,7 minutter til 1,9 minutter.

Hvis et mindre netselskab har en stor force majeure-hændelse, kan det skævvride deres samlede tal, så en reduktion i udetid grundet planlagt vedligehold faktisk ikke kan ses. Dette er jo uheldigt, hvis det tolkes, som at der ikke har været en forbedring, når netselskabet faktisk har haft en positiv udvikling. Derfor skal tallene opdeles for at give et retvisende billede af udviklingen på alle parametre.

En gennemsnitlig kunde i Danmark på 1-24 kV var afbrudt 0,29 gange i 2017, hvor det gennemsnitlige kundefafbrud i 2008 var 0,33 gange. Afbrudshyppigheden har en gennemsnitlig spredning på 0,02 gange og må siges at være konstant.

I perioden fra 2008-2017 har den gennemsnitlige varighed af kundefafbrud pr. afbrud (CAIDI) for et uvarslet afbrud i statistikområdet 1-24 kV været faldende. Et gennemsnitligt uvarslet afbrud var på 44,2 minutter i 2008, hvilket svarer til under halvdelen af den tid et varslet afbrud tog. Tendensen har været faldende til 37,1 minutter i 2013, men er efterfølgende steget til 47,0 minutter i 2016 og er nu faldet lidt igen til 45,9 minutter i 2017.

## 1 INDLEDNING

Registrering af fejl i det danske 50-150 kV-net begyndte i 1964 og er løbende blevet udvidet til også at omfatte afbrudsregistrering samt en større del af nettet (de andre spændingsniveauer). I 1974 blev registreringen udvidet med en række danske distributionsselskaber med spændingsniveauer under 50 kV, og i 2007 blev lavspændingsnettet inkluderet.

I appendiks 1 ses en samlet oversigt over de netselskaber og statistikområder, der indgik i ELFAS-samarbejdet pr. 1. januar 2017. Datagrundlaget for ELFAS omfatter 98,6% af alle kunder, da ELFAS-statistikken er en frivillig ordning.

Alle netselskaber har siden 1. januar 2006 været forpligtet til at registrere antal og varighed af kundefejl som følge af driftsforstyrrelser i højspændingsnettene. Fra 1. januar 2007 har netselskaberne været forpligtet til at registrere kundefejl som følge af hændelser i lavspændingsnettene. Registrering af kundefejl sker i henhold til Forsyningstilsynets vejledning [Ref. 3]. Kun afbrud af en varighed på mindst 1 minut indgår i datagrundlaget. Desuden indgår kun kunder på almindelige vilkår, dvs. elforbrugere (inkl. nettoafregnede solcelleejere). Kunder, som er registreret som producenter, herunder vindmøller og decentral kraftvarmeværker, indgår ikke i statistikken.

I kapitel 2 er den gennemsnitlige leveringssikkerhed for det pågældende statistikområde beregnet på baggrund af det samlede kundeantal, som ELFAS repræsenterer inden for samme statistikområde i 2017. I Tabel 1-1 ses det samlede kundeantal pr. statistikområde for 2017.

**Tabel 1-1 Kundeantal pr. statistikområde for 2017**

Område \ År	2017
Lavspænding	3.139.298
1-24 kV	3.250.607
25-99 kV	3.282.849
100-169 kV	3.282.849
170-400 kV	3.282.849

I 2017 var der i alt 3.328.310 kunder i Danmark [Ref. 2]. ELFAS-ordningen dækkede i 2017 98,6 % af samtlige kunder i Danmark.

**SPÆNDINGSNIVEAUER**

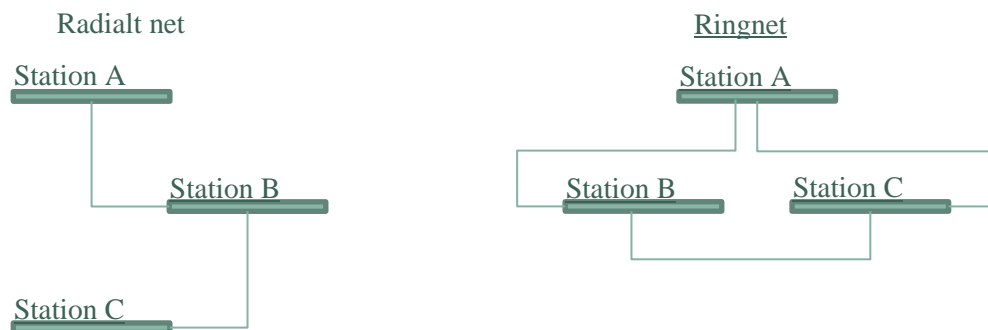
Statistikken dækker i dag alle spændingsniveauer fordelt på seks statistikområder:

**Tabel 1-2: Beskrivelse af spændingsniveauer**

Statistik-område	Spændingsniveau	Type	Antal kunder involveret i hændelser <sup>6</sup>
Lavspænding	0,4kV	Distribution	1-500
1-24 kV	10kV, 15kV, 20kV	Distribution	1000-15.000
25-99 kV	30kV, 33kV, 50kV, 60kV	Distribution	10.000-30.000
100-169 kV	132kV, 150kV	Transmission	10.000-100.000
170-350 kV	220kV	Transmission	Vindmølleparker
400 kV	400kV	Transmission	Hele regioner

I Danmark oplever vi sjældent kundefejl som følge af fejlhændelser i de højere spændingsniveauer. Det er ikke sådan, at der ikke sker fejlhændelser på disse spændingsniveauer, men nettet er designet således, at det sjældent fører til kundefejl.

Det ses i tabel 1-2, at jo højere spændingsniveau, jo flere kunder er der involveret i en hændelse. Derfor er det vigtigt at sikre, at en hændelse på disse niveauer ikke fører til kundefejl. En måde at sikre det er ved at konstruere nettet med en vis mængde redundans. Det vil sige, at der er ekstra udstyr, der hurtigt kan tage over, når noget fejler. Fx ved at have ringnet, se Figur 1-1, hvor man kan føre strømmen uden om det fejlramte stykke og isolere fejl. Da det er signifikant dyrere at konstruere nettet med redundans, bruges det primært, hvor det vil involvere mange kunder, altså for de højere spændingsniveauer, 25-99 kV og højere, og på de lavere spændingsniveauer i områder med høj befolkningstæthed.



**Figur 1-1: Eksempler på radialt- og ringnet. De to nettopologier kan have mange forskellige udformninger. Generelt kan det dog altid siges, at ved radialt net vil en fejlramt linje isolere en station, hvorimod der i ringnet skal være mindst to linjer ude for at isolere en station.**

<sup>6</sup> Tallene er cirkatal og kan variere meget afhængigt af nettopologi. Dette er for at give en indikation af den normale udfald af en hændelse

## 2 LEVERINGSSIKKERHED I DANMARK - AFBRUDSSTATISTIK

I dette kapitel analyserer vi leveringssikkerheden i det danske elnet ved at se på hyppigheden og varigheden af gennemsnitlige kundefafbud. Alle spændingsniveauer er medtaget.

*Hele landet har en leveringssikkerhed på 99,996 % af årets 8.760 timer i 2017. Det er samme høje niveau, som er observeret for hele perioden 2008 til 2017.*

I 2017 var en kunde i gennemsnit afbrudt i 22,3 minutter. For hele landet giver det en leveringssikkerhed på 99,996 % af årets 8.760 timer, hvilket er på niveau med den høje leveringssikkerhed for hele perioden.



Figur 2-1: Leveringssikkerhed i procent pr. år, ASAI<sup>7</sup>

Leveringssikkerheden for perioden 2008 til 2017 er beregnet på baggrund af nøgletallet SAIDI.

$$\text{ASAI} = \frac{\text{minutter i et år} - \text{SAIDI}}{\text{minutter i et år}}$$

I det efterfølgende beregnes leveringssikkerheden for perioden 2008-2017. Nøgletal for gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. kunde (SAIDI), gennemsnitlig afbrudshyppighed pr. kunde (SAIFI) og gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. afbrud (CAIDI) vil blive gennemgået og beregnet. Dette vises for alle statistikområder.

### 2.1 SAIDI - GENNEMSNITLIG VARIGHED AF KUNDEAFBRUD PR. KUNDE

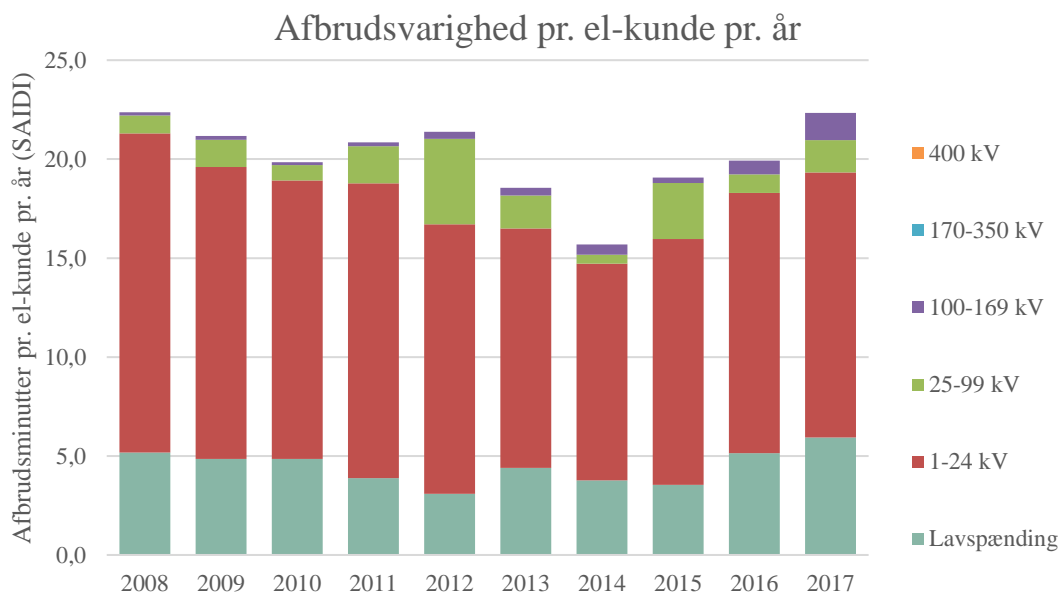
SAIDI (System Average Interruption Duration Index) beskriver, hvor længe en kunde i gennemsnit har været afbrudt i en given periode.

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{sum af varigheden af alle kundefafbud}}{\text{antal af alle kunder}}$$

<sup>7</sup> Leveringssikkerhed i % af året 8.760/8.724 timer – afhængigt af skudår

Dette nøgletal beskriver, hvor længe en kunde i gennemsnit er afbrudt om året i minutter.

På figur 2-2 kan det ses, at en kunde i 2008 i gennemsnit var afbrudt i 22,4 minutter med statistikområdet 1-24 kV som den største bidrager med 16,1 minutter svarende til ca. 72 %. Det gav en leveringssikkerhed på 99,996 % i gennemsnit for hele landet i 2008 over årets 8.760 timer.

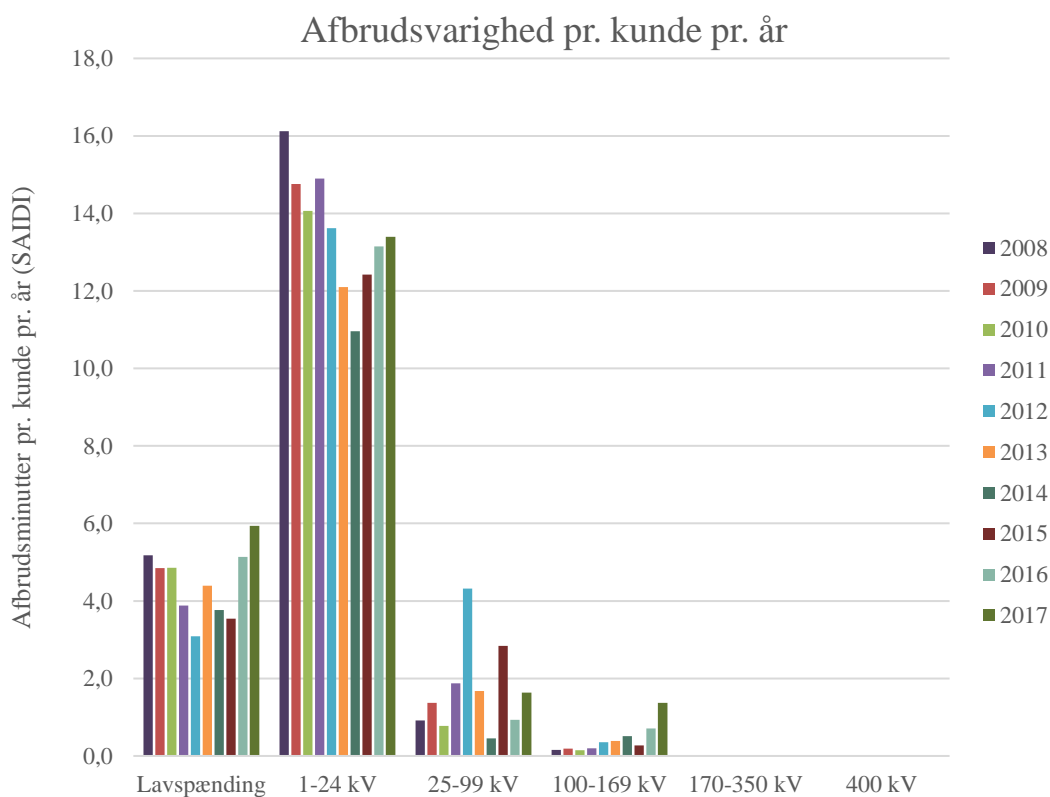


Figur 2-2 Gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. kunde i minutter opgjort på statistikområder pr. år (SAIDI)

For perioden 2008 til 2014 er tendensen for den gennemsnitlige afbrudsvarighed faldende, hvorefter den stiger lidt fra 2015 og frem.

Fra 2008 til 2014 er den gennemsnitlige afbrudsvarighed faldet til 15,7 minutter. Dog er afbrudsvarigheden steget igen fra 2014 til 2017 med 6,6 minutter. Stigningen skyldes primært 1-24 kV-området og lavspændingsnettet, hvor varigheden er steget til henholdsvis 2,4 minutter og 2,2 minutter.

På Figur 2-3 præsenteres SAIDI-nøgletallene fordelt på spændingsniveau, og dette tydeliggør de forskellige statistikområders udvikling i afbrudsvarighed over årene.

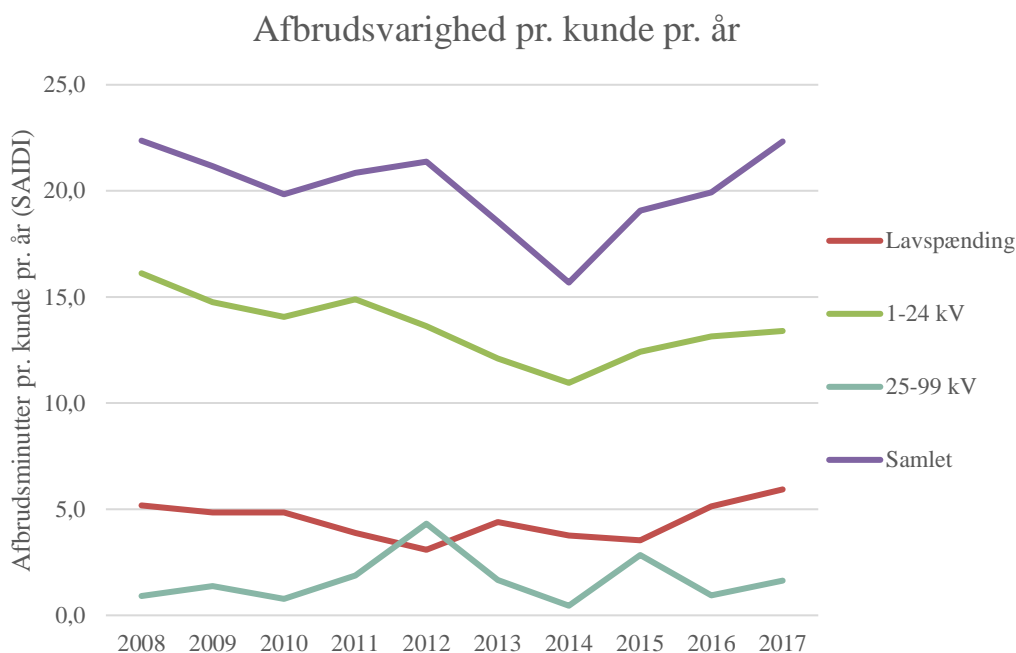


**Figur 2-3: Gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. kunde i minutter opgjort pr. statistikområde (SAIDI)**

1-24 kV-området står generelt for den største del af afbrudsvarigheden. Lavspændingsnettet har en andenplads. Herudover er der tendens til, at varigheden falder, når spændingen stiger.

På transmissionsniveau, 170-400 kV, er afbrudsvarigheden 0 minutter i gennemsnit over alle år, dvs. ingen afbrud (over 1 minut) som følge af hændelser på denne del af nettet. Dette kan opnås, idet 220 kV- og 400 kV-nettet er designet med et højt niveau af redundans, hvilket gør, at meget få hændelser vil føre til kundefafbud.

For lavspændingsnettet og 1-24 kV-området er der en faldende tendens fra 2008 og frem til 2015. Dog er der for statistikområdet 1-24 kV sket en markant stigning i afbrudsvarigheden fra 2015 og frem.



Figur 2-4: Gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. kunde i minutter opgjort pr. statistikområde (SAIDI), fordelt på år

Der er sket en stigning i antal afbrudsminutter pr. kunde i 2015 for statistikområdet 25-99 kV, som ellers var faldet til et lavt niveau. Variationerne er markante på 25-99 kV fra år til år. Disse variationer kan ofte tilskrives enkelthændelser, se afsnit 3.4.

For at undersøge leveringssikkerheden skal der differentieres mellem force majeure, de store hændelser og andre hændelser. Der er dog ikke så mange hændelser i 25-99 kV-området, det er derfor svært at lave en pålidelig statistik på baggrund af det lille datagrundlag.

I Tabel 2-1 er nøgletallene og den gennemsnitlige værdi gennem de seneste ti år vist. Endvidere er summen af indeksene, dvs. den samlede gennemsnitlige varighed pr. år, indsat.

Tabel 2-1: SAIDI de seneste 10 år. Talværdierne for indekset SAIDI til brug i figur 2-2, figur 2-3 og figur 2-4

SAIDI: System Average Interruption Duration Index (Gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. kunde)											
Afbudsvarighed pr. kunde [min]											
SAIDI	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	GNS
Lavspænding	5,2	4,8	4,9	3,9	3,1	4,4	3,8	3,5	5,1	5,9	4,46
1-24 kV	16,1	14,8	14,1	14,9	13,6	12,1	11,0	12,4	13,1	13,4	13,55
25-99 kV	0,9	1,4	0,8	1,9	4,3	1,7	0,5	2,8	0,9	1,6	1,68
100-169 kV	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,7	1,4	0,43
170-400 kV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sum	22,4	21,2	19,8	20,9	21,4	18,6	15,7	19,1	19,9	22,3	20,12



## 2.2 SAIFI - GENNEMSNITLIG AFBRUDSHYPPIGHED PR. KUNDE

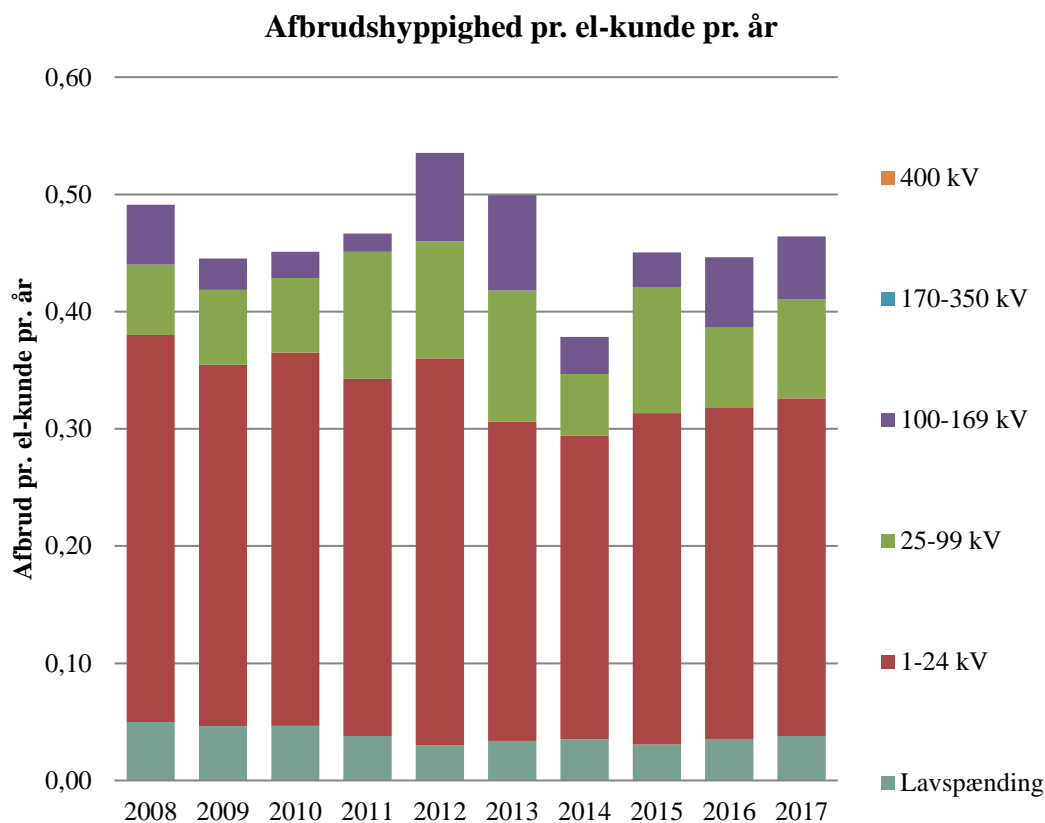
SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) beskriver, hvor mange gange en kunde i gennemsnit har været afbrudt i en given periode.

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{sum af alle kundefafbrydninger}}{\text{antal af alle kunder}}$$

Dette nøgletal fortæller om hyppigheden af afbrud for en gennemsnitskunde i Danmark, når der ses på hele landet og antal kunder i alt. Det er vigtigt at forstå, at selvom et spændingsniveau har et højt bidrag til det samlede SAIFI-nøgletal, betyder det ikke nødvendigvis, at der har været mange hændelser. Tallet er et udtryk for, hvor mange der har været afbrudt grundet en hændelse på det givne spændingsniveau. Altså kan en enkelt hændelse på 100-169 kV tælle markant mere end mange små hændelser i lavspændingsnettet, da der er langt flere kunder afbrudt i hændelser på de højere spændingsniveauer end på de lave.

Det er også derfor, at 1-24 kV-nettet er den største bidragsyder til SAIFI-nøgletallene. Denne del af nettet er overvejende drevet radialt, men der er stadig langt flere kunder på hver udføring i forhold til i lavspændingsnettet.

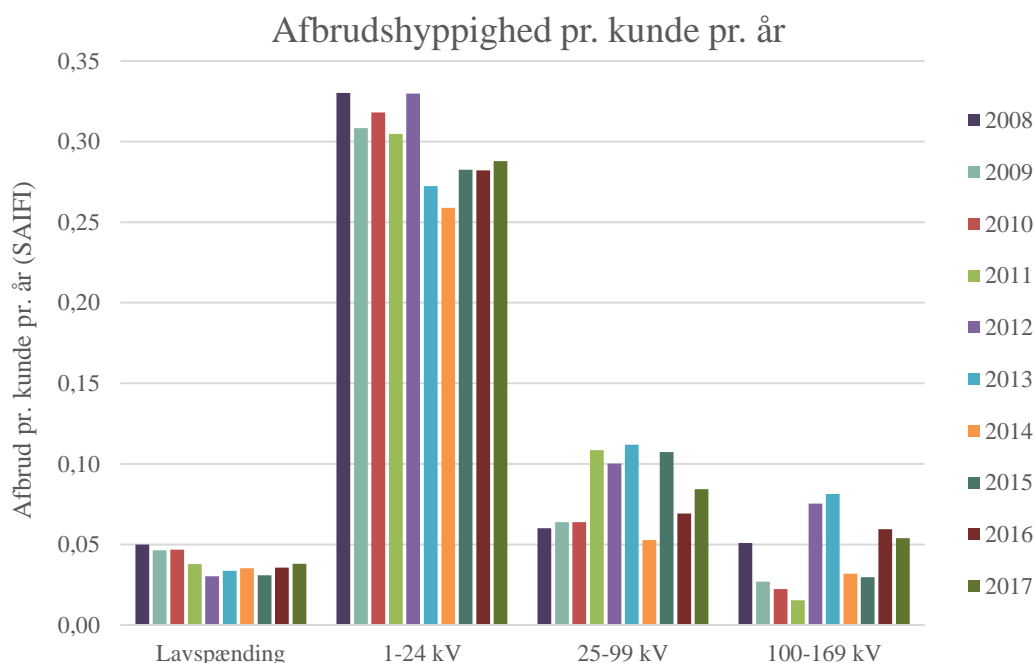
På Figur 2-5 er SAIFI-nøgletallene præsenteret for årene 2008 til 2017. Figuren tydeliggør den årlige udvikling i afbrudshyppighed pr. kunde i perioden.



Figur 2-5: Gennemsnitlig afbrudshyppighed pr. kunde opgjort på år (SAIFI)

*SAIFI svinger omkring 0,46 afbrud pr. år, hvilket betyder, at i gennemsnit afbrydes en kunde én gang hvert andet år.*

Antallet af kundeafbrud pr. kunde svinger omkring 0,46 afbrud pr. år. Det vil sige, at en kunde gennemsnitligt kun bliver afbrudt én gang hvert andet år. Dette er et gennemsnit for alle kunder, dvs. nogle vil opleve flere afbrud, mens andre slet ikke oplever afbrud over 1 minuts varighed.

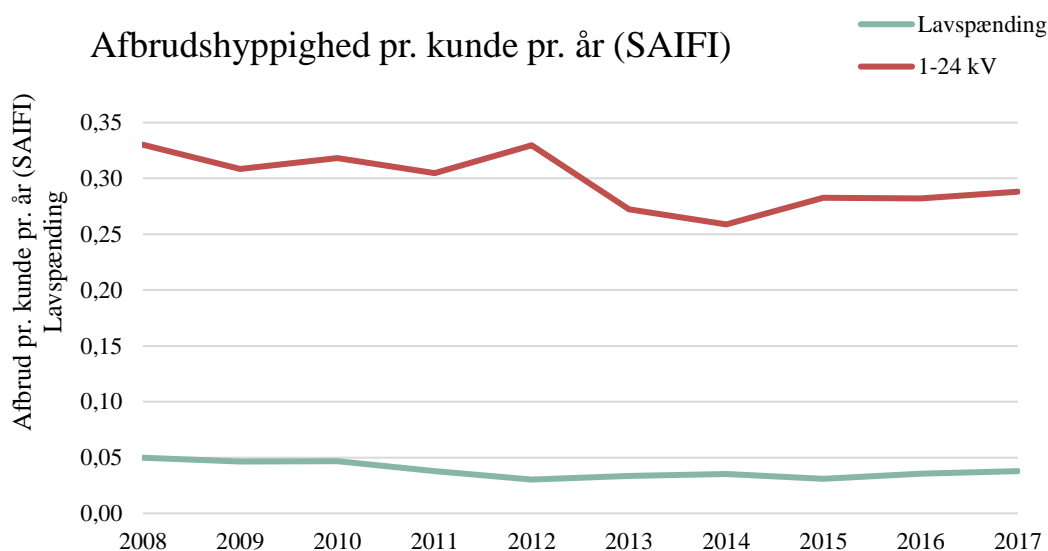


**Figur 2-6 Gennemsnitlig afbrudshyppighed pr. kunde opgjort på statistikområder (SAIFI). 170-400 kV er ikke medtaget, da der ikke har været hændelser, der har hørt til kundeafbrud**

I perioden 2008-2017 står statistikområdet 1-24 kV for det største bidrag til den samlede afbrudshyppighed (SAIFI), mens statistikområdet 25-99 kV bidrog næstmest. Lavspænding og 100-169 kV har i gennemsnit i perioden 2008-2017 hver stået for 0,04 afbrud pr. kunde pr. år. På de højeste spændingsniveauer, 170-400 kV, har der i perioden ikke været nogen afbrydelser, der har ført til kundeafbrud.

De samme afbrydelser vises på Figur 2-6 fordelt på statistikområde. Her fremstår det tydeligt, at statistikområdet 1-24 kV står for det største bidrag, mens statistikområdet 25-99 kV står for det næststørste bidrag til afbrudsfrekvensen. Dernæst kommer lavspændingsnettet og 100-169 kV som de statistikområder, der er årsag til færrest kundeafbrud.

For lavspænding og 1-24 kV har der generelt været en faldende tendens fra 2008, kun med enkelte stigninger. På lavspændingsnettet er afbrudshyppigheden pr. kunde faldet fra 0,05 i 2008 til 0,04 i 2017. Eftersom SAIFI-nøgletallet er markant højere for statistikområdet 1-24 kV, vil en reduktion af afbrudshyppigheden pr. kunde på 1-24 kV have stor indflydelse på kunders gennemsnitlige afbrudshyppighed. I 2008 var en kunde afbrudt 0,33 gange som følge af hændelser på 1-24 kV. I 2014 faldt tallet til 0,25 gange, men det steg igen til 0,29 gange i 2017.



**Figur 2-7: Gennemsnitlig afbrudshyppighed pr. kunde opgjort på statistikområderne lavspænding og 1-24 kV (SAIFI)**

Statistikområderne 25-99kV og 100-169kV kan ses på Figur 2-8. Her kan det ses, at der i 2011, 2012, 2013 og 2015 er større bidrag til afbrudsfrekvensen for den enkelte kunde end de øvrige år. Dette skyldtes hovedsageligt enkeltstående hændelser. Den gennemsnitlige afbrudshyppighed for 25-99 kV er 0,08 afbrud pr. kunde pr. år i perioden. 2014 var et rekordår i forhold til lave udetider. Der var markant færre hændelser, og afbrudsvarigheden var meget lav på 25-99 kV.

I 2012, 2013 og 2016 stiger frekvensen af store afbrud for statistikområdet 100-169 kV, og dette spændingsniveau bidrager mere til afbrudshyppigheden pr. kunde end lavspændingsnettet i disse år.

Den tydeligste stigning i kundeafbrud ses i årsskiftet fra 2011 til 2012 på spændingsniveau 100-169 kV med 0,06 flere afbrud pr. kunde i forhold til 2011. Denne stigning skyldes primært to fejlsituationer: Den første var en fejlbetjening, hvor personalet utilsigtet lagde arbejdsjord ind på en spændingsførende skinne, hvilket medførte, at cirka 100.000 kunder blev afbrudt. Den anden fejl var en defekt spændingstransformer, som medførte 165.000 kundeafbrud.

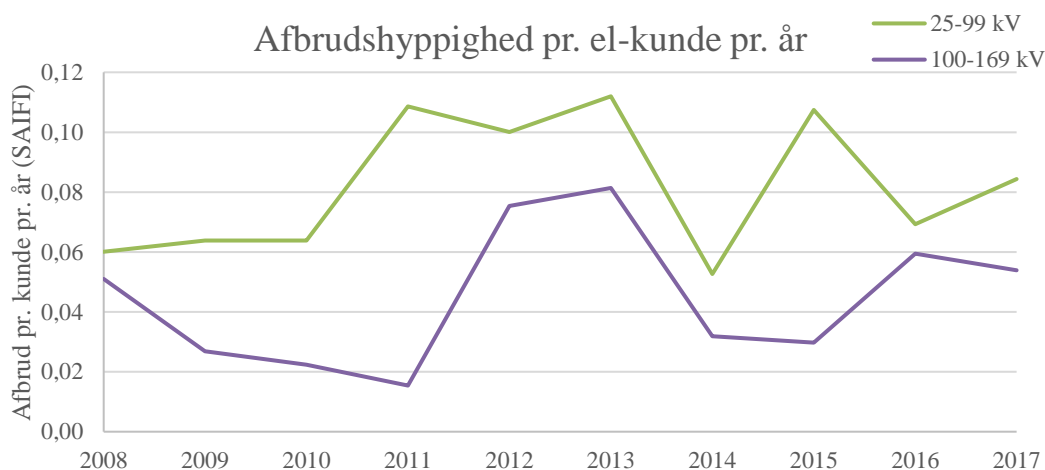
I 2013 var afbrudshyppigheden pr. kunde også forhøjet. Det skyldtes primært tre driftsforstyrrelser:

1. En udkobling af forsyningen grundet en øget risiko for overspændinger.

2. En udkobling under fejlsøgning.
3. En ukendt fejlårsag.

Hver af de tre fejlhændelser medførte ca. 40.000 kundefejl.

Figur 2-8 viser, at der er langt flere udsving på de højere spændingsniveauer. Dette skyldes, at der er færre hændelser, der fører til kundefejl. Der er en mindre mængde udstyr, udstyret er af højere kvalitet, og hvis der er afbrud grundet en hændelse i denne del af nettet, influerer den på en stor mængde kunder.



Figur 2-8: Gennemsnitlig afbrudshyppighed pr. kunde opgjort på statistikområderne 25-99 kV og 100-169 kV (SAIFI)

På de højeste spændingsniveauer, 170-400 kV, har der i perioden ikke været nogen kundefejl, der giver spændingsløse kunder.

Værdierne for det beregnede indeks vises i Tabel 2-2 for alle årene. Gennemsnittet over de seneste ti år samt summen pr. år, dvs. samlet gennemsnitlig afbrudshyppighed for alle kunder på alle spændingsniveauer, er udregnet.

For hele perioden ligger det samlede gennemsnit på 0,46 afbrud pr. kunde pr. år, svarende til at man som kunde i gennemsnit ca. vil opleve en strømafbrydelse hvert andet år.

Tabel 2-2 Talværdierne for indekset SAIFI til brug i figur 2-5 til Figur 2-8

SAIFI: System Average Interruption Frequency Index (Gennemsnitligt antal afbrud pr. kunde)											
Afbud pr. kunde [antal]											
SAIFI	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	GNS
Lavspænding	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
1-24 kV	0,33	0,31	0,32	0,30	0,33	0,27	0,26	0,28	0,28	0,29	0,30
25-99 kV	0,06	0,06	0,06	0,11	0,10	0,11	0,05	0,11	0,07	0,08	0,08
100-169 kV	0,05	0,03	0,02	0,02	0,08	0,08	0,03	0,03	0,06	0,05	0,04
170-400 kV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum	0,49	0,45	0,45	0,47	0,54	0,50	0,38	0,45	0,45	0,46	0,46

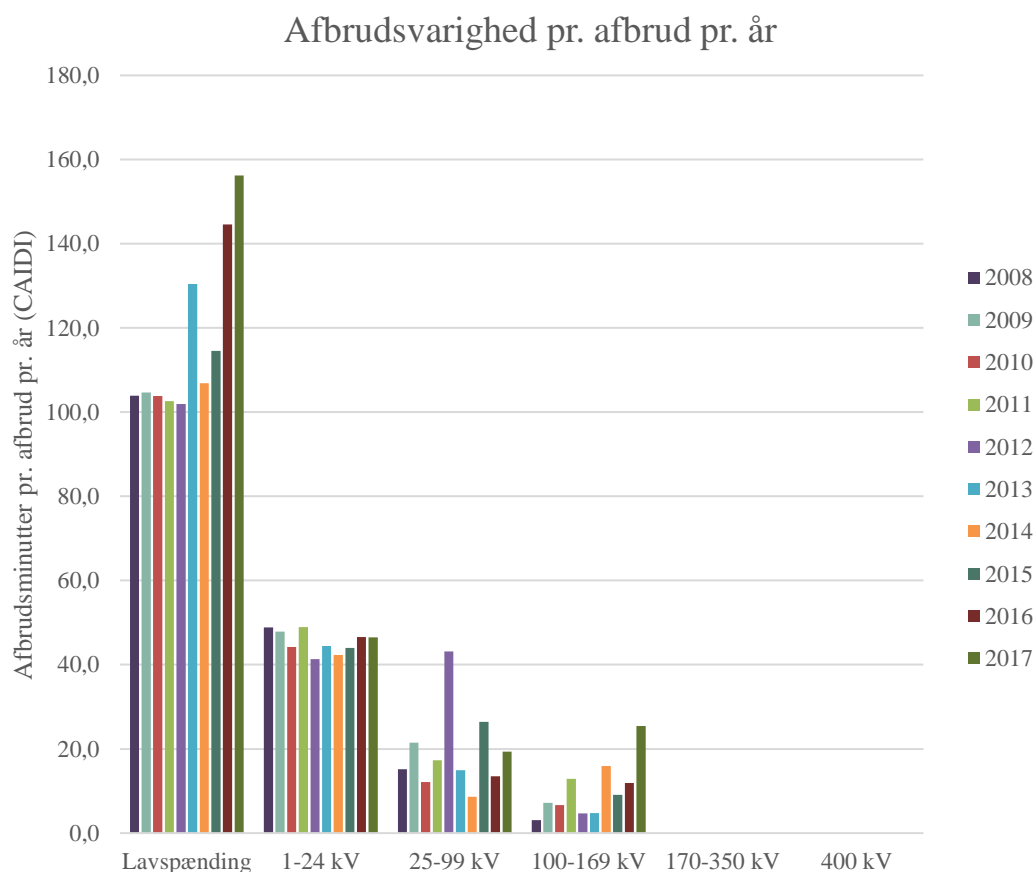
### 2.3 CAIDI – GENNEMSNITLIG VARIGHED AF ET KUNDEAFBRUD FOR ET GIVET STATISTIKOMRÅDE

CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) beskriver, hvor langt et kundefbrud er i gennemsnit er.

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{sum af varigheden af alle kundefbrud}}{\text{sum af alle kundefbrud}} = \frac{\text{SAIDI}}{\text{SAIFI}}$$

Dette nøgletal beskriver, hvor langt et kundefbrud er gennemsnitligt, altså hvis man bliver afbrudt, hvor længe er man så uden strøm?

På figur 2-9 ser vi en klar sammenhæng mellem varighed og spændingsniveau: Jo lavere spænding – jo længere udbedringstid. På højere spændingsniveauer er der typisk bedre mulighed for at omlægge forsyningen eller montere en nødgenerator til kunderne midlertidigt, mens fejlen udbedres. Derved oplever kunderne ikke afbrud i hele varigheden, mens fejlen udbedres.



Figur 2-9: Gennemsnitligt antal minutter en kunde er afbrudt ved forskellige statistikområder

Den gennemsnitlige afbrudstid er størst for lavspænding. I perioden 2008-2017 ligger tallet imellem 103 minutter og 156 minutter pr. afbrud. Afbrudsvarigheden pr. afbrud er stigende fra 2013, hvor tre ud af fem år er meget højere end de foregående år, og to af årene er noget højere.

CAIDI-nøgletallet for 1-24 kV har en svag faldende tendens, og det gennemsnitlige antal afbrudsminutter ligger på under halvdelen af antal minutter for lavspænding, dvs. 41-48,8 minutter. Tallet er faldet fra 48,8 minutter pr. afbrud i 2008 til 41,3 minutter pr. afbrud i 2012. Det har dog været stigende siden 2012. Standardafvigelsen for 1-24 kV er på 2,6 minutter og dermed uden megen spredning over hele perioden.

For statistikområderne 25-99 kV og 100-169 kV er der stor variation. Typisk skyldes det få fejl med mange afbrudte kunder. Standardafvigelsen for disse statistikområder er da også på henholdsvis 9,8 minutter og 6,7 minutter, hvilket er signifikant, da gennemsnittet er henholdsvis 19,2 minutter og 10,7 minutter.

CAIDI-nøgletallet for 170-400 kV er nul, da der igennem perioden ikke har været driftsforstyrrelser, som har givet anledning til kundeafbrud.

De nævnte hændelser sammen med den øgede stigning for lavspænding har medført en generel stigning i CAIDI-nøgletallet og viser, hvordan indflydelse fra få hændelser har tydelig effekt på nøgletallene. I Tabel 2-3 nedenfor vises værdierne af CAIDI, samt gennemsnittet af indekset pr. spændingsniveau.

Bemærk, at der ikke kan summeres med dette indeks over flere forskellige kategorier af CAIDI; til forskel fra Tabel 2-1 og Tabel 2-2 er der ingen årlig sum, men et samlet tal beregnet på baggrund af den samlede sum for SAIDI og SAIFI. Se eventuelt afsnit A3.4 for en dybdegående forklaring.

I de seneste fire år har der været stigninger på lavspænding og 1-24kV.

**Tabel 2-3 Værdierne af CAIDI og gennemsnittet af indekset pr. spændingsniveau**

CAIDI: Customer Average Interruption Index (Gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. afbrud)										
Afbrud pr. kunde [antal]										
CAIDI	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Lavspænding	103,9	104,6	103,9	102,6	102,0	130,5	106,9	114,6	144,6	156,2
1-24 kV	48,8	47,9	44,2	48,9	41,3	44,4	42,3	44,0	46,6	46,5
25-99 kV	15,2	21,5	12,1	17,3	43,2	14,9	8,6	26,4	13,5	19,4
100-169 kV	3,1	7,2	6,7	12,9	4,6	4,8	15,9	9,1	11,9	25,4
170-400 kV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Samlet	45,5	47,5	44,0	44,7	39,9	37,2	41,4	42,3	44,7	48,1

## 2.4 SIGNIFIKANTE HÆNDELSER FOR OMRÅDERNE 25-99 kV OG 100-169 kV

På de øvre spændingsniveauer er det ofte enkeltstående hændelser, der tegner hele årets tal. De vigtigste for de enkelte år er her samlet.

### Signifikante hændelser i 2011

I 2011 skyldtes ca. 60 % af den gennemsnitlige varighed af kundeafbrud (SAIDI) på 25-99 kV tre enkeltstående hændelser:

1. En eksplosion i et kraftvarmeværk
2. Tre måger på en samleskinne
3. En uheldigt knækket fase internt på en station

Herudover var der også en stigning i den gennemsnitlige varighed af kundeafbrud pr. hyppighed (CAIDI), som især skyldtes én fejl på 150 kV-niveau: Havari af en reaktor, som afbrød over 28.000 kunder i 14 minutter.

### Signifikante hændelser i 2012

I 2012 bidrog to fejl på søkablet til Bornholm med ca. 2,5 minutter til det samlede SAIDI-nøgletal, da det gav anledning til relativt langvarige strømefbrud på hele Bornholm.

Den tydeligste **stigning** i kundeafbrud (SAIFI) ses i årsskiftet fra 2011 til 2012 på spændingsniveau 100-169 kV med 0,06 flere afbrud pr. kunde i forhold til 2011. Denne stigning skyldes primært to fejlsituationer:

1. Den første var en fejlbetjening, hvor personale utilsigtet lagde arbejdsjord ind på en spændingsførende skinne, hvilket medførte, at cirka 100.000 kunder blev afbrudt.
2. Den anden fejl var en defekt spændingstransformer, som medførte 165.000 kundeafbrud.

I 2012 var den primære årsag til stigningen i CAIDI-nøgletallet den ene af de to udkoblinger af søkablet til Bornholm. Ved denne udkobling var cirka 25.000 kunder uden strøm i 4,5 timer.

### Signifikante hændelser i 2013

I 2013 var afbrudshyppigheden pr. kunde (SAIFI) også forhøjet. Det skyldtes primært tre driftsforstyrrelser:

1. En udkobling af forsyningen grundet en øget risiko for overspændinger
2. En udkobling under fejlsøgning
3. En ukendt fejlårsag

Hver af de tre fejlhændelser medførte ca. 40.000 kundeafbrud.

### Signifikante hændelser i 2014

I 2014 bidrog især tre fejl til det samlede CAIDI-nøgletal:

1. Fejl på to 132 kV-skiner, der medførte, at 29.000 kunder var afbrudt i ca. 34 minutter
2. En fejlkobling på et 150 kV-anlæg
3. Fejl i en 150/60 kV-station, der udkobler to transformere

### Signifikante hændelser i 2015

To store driftsforstyrrelser der gav anledning til udslaget i SAIDI-tallet i 2015:

1. Et totaludfald af en hovedstation, der varede ca. 2 timer.
2. En udkobling af et 60 kV-luftledningsanlæg grundet et væltet træ under stormen Gorm.

I 2015 var det især to driftsforstyrrelser, der bidrog til CAIDI-tallet, hvor der blev udkoblet cirka 15.000 kunder i ca. 2 timer ved begge tilfælde.

Det høje niveau skyldtes blandt andet også et havari på en 400/150 kV-station, mangelfuld dokumentation af relæindstillinger og knækkede isolatorer på et hovedstationsanlæg.

### Signifikante hændelser i 2016

I 2016 skyldtes stigningen i SAIFI-nøgletallet en enkelt driftsforstyrrelse forårsaget af en fejlmanøvre. Stigningen skyldtes især tre fejl på 132-150 kV, herunder en udkobling på grund af torden og materialefejl.

### Signifikante hændelser i 2017

I 2017 skyldtes udsvinget i SAIDI-nøgletallet en fejl på bryderen på søkablet fra Bornholm samt nogle mindre fejl i andre selskaber.

Hovedparten af afbrudsminutterne skyldtes en løs loftplade, der faldt ned på en samle-skinne og en søkabelbryder.



### 3 LEVERINGSSIKKERHED FOR STATISTIKOMRÅDET 1-24 KV

Leveringssikkerheden for spændingsniveauet 1-24 kV analyseres ved at se nærmere på kundeafbrud og typer af driftsforstyrrelser, der giver anledning til afbrud. Det er ligesom i resten af rapporten kun afbrud, som varede mindst 1 minut, der er medtaget.

Der skelnes mellem fem forskellige afbrudskategorier for den gennemsnitlige leveringssikkerhed [Ref. 3, side 9 af 21]:

1. Uvarslet afbrud i eget statistikområde
2. Varslet afbrud i eget statistikområde
3. Afbrud som følge af tredjepart i eget statistikområde
4. Afbrud som følge af force majeure i eget statistikområde
5. Afbrud som følge af fejl/arbejde uden for eget statistikområde (belyses ikke nærmere)

#### **Force majeure-hændelser fra 2008 til 2017**

Den eneste force majeure-hændelse i 2008 var en brand i en nærliggende bygning, der førte til sikkerhedsudkobling.

I 2010 var der også kun én force majeure-hændelse: 32 kunder blev afbrudt i 8 timer og 41 minutter grundet en oversvømmet transformerstation.

I 2011 var der tale om to hændelser: Den 2. og 3. juli grundet skybrud over hele Sjælland. Endvidere et lokalt tilfælde i september.

I 2012 har der ikke været anledning til at betegne en driftsforstyrrelse for force majeure, men i 2013 oplevedes flere hændelser i forbindelse med orkaner.

I 2015 var stormen Gorm årsag til en række force majeure-hændelser, hvor væltede træer og knækkede master gav afbrud på 1-24 kV.

I 2016 blev stormen Urd klassificeret som en force majeure, og områder med vestlig kystlinje samt Bornholm blev ramt.

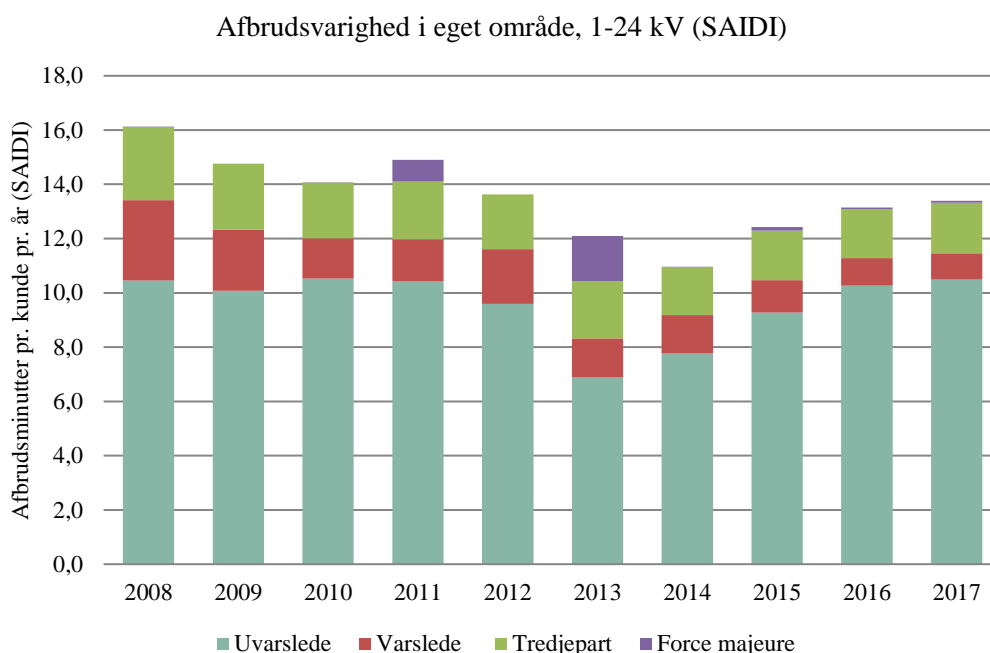
I 2017 var stormen Ingolf årsag til en del oversvømmelser, der blev klassificeret som force majeure.

Alle større storme siden 1891 kan findes i [Ref. 4]. Det er Forsyningstilsynet, der afgør, om en storm er force majeure. Denne ordning har eksisteret siden 2007.

### 3.1 SAIDI - GENNEMSNITLIG VARIGHED AF AFBRUD PR. KUNDE

I figur 3-1 ses den gennemsnitlige afbrudsvarighed pr. kunde opdelt i afbrudskategorier for statistikområdet 1-24 kV for perioden 2008-2017.

Tredjepart betegner en afbrydelse som en udefrakommende hændelse, som har forårsaget afbruddet. Eksempelvis at en bil påkører et kabelskab, eller en entreprenør graver et kabel over. Disse hændelser er en undergruppe af uvarslede hændelser, men sorteret fra i deres egen kategori. Varslede hændelser er planlagte hændelser, hvor kunden har fået besked på forhånd om afbruddet, oftest planlagt vedligehold.



**Figur 3-1 Fordelingen af den gennemsnitlige kundeforbrudsvarighed i minutter opgjort på 1-24 kV-statistikområdet (SAIDI)**

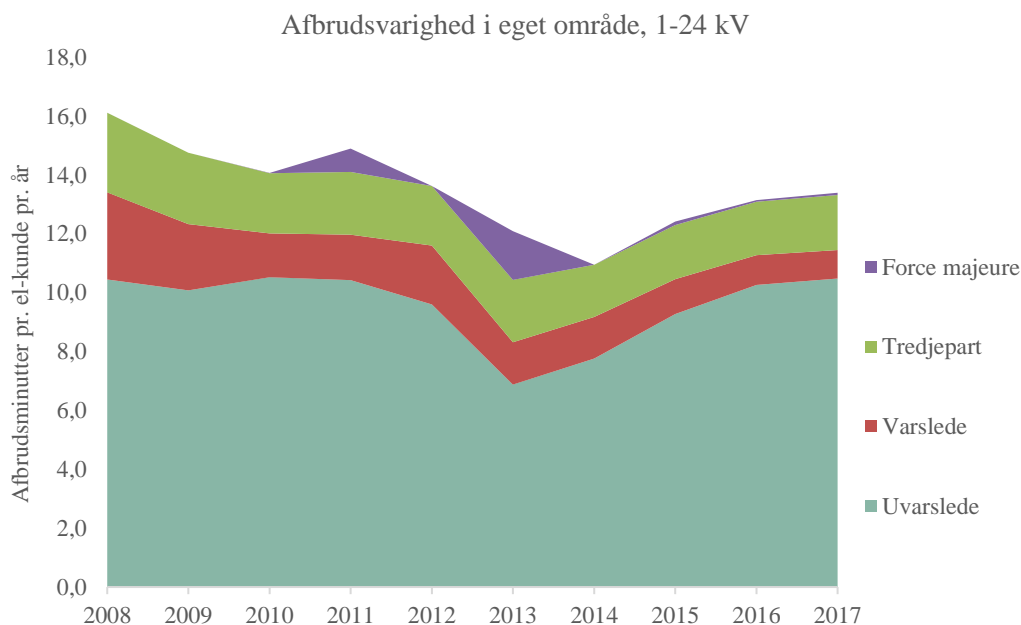
For 1-24 kV-statistikområdet isoleret set er der et samlet fald i den gennemsnitlige afbrudsvarighed pr. kunde fra 16,1 minutter i 2008 til 13,4 minutter i 2017. Periodens laveste gennemsnitlige afbrudsvarighed var i 2014 på 11,0 minutter pr. kunde. Stigningen fra 2014 til 2016 skyldtes flere uvarslede afbrud.

Den største del af afbruddene kommer fra uvarslede afbrud. I 2008 var afbrudsvarigheden 10,5 minutter pr. kunde fra uvarslede afbrud, dvs. ca. 65 %.

Den gennemsnitlige afbrudsvarighed pr. kunde som følge af varslede afbrud ligger mellem 3,0 minutter i 2008 og 1,0 minut i 2016 og 2017 med en standardafvigelse på 0,6 minut.

Afbrud som følge af tredjepart har haft en faldende tendens. I 2008 var gennemsnittet 3,0 minutter pr. kunde pr. år, og i 2017 var det 1,9 minutter pr. kunde.

På Figur 3-2 kan det ses, at uvarslede afbrud er hovedårsagen til afbrudsminutterne på 1-24 kV-området. Endvidere at varigheden for tredjepartshændelser og varslede hændelser er nedadgående. Hvis man ser bort fra årene 2013 og 2014, er mængden af afbrudsminutter fra uvarslede hændelser nær konstant.



**Figur 3-2** Fordelingen af den gennemsnitlige kundeafbrudsvarighed i minutter opgjort på 1-24 kV- statistikområdet (SAIDI)

Tallene brugt i dette afsnit kan findes i nedenstående tabel. Her ses faldet i afbrudsminutter for varslede og tredjepart tydeligt. Værdierne for SAIDI for 1-24 kV vises i Tabel 3-1 for alle årene. Gennemsnittet over de seneste ti år samt summen pr. år, dvs. samlet gennemsnitlig afbrudshyppighed for alle kunder på alle spændingsniveauer, er udregnet.

I Tabel 3-1 nedenfor vises SAIDI-værdier pr. afbrudskategori, den gennemsnitlige værdi gennem de seneste ti år, samt summen af indekserne, dvs. den samlede gennemsnitlige varighed pr. år for 1-24 kV.

**Tabel 3-1** Talværdierne for SAIDI anvendt i Figur 3-1

SAIDI: System Average Interruption Duration Index (Gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. kunde)											
Afbudsvarighed pr. kunde [min]											
SAIDI	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	GNS
Uvarslet	10,5	10,1	10,5	10,4	9,6	6,9	7,8	9,3	10,3	10,5	9,6
Varslede	3,0	2,3	1,5	1,5	2,0	1,4	1,4	1,2	1,0	1,0	1,6
Tredjepart	2,7	2,4	2,0	2,1	2,0	2,1	1,8	1,8	1,8	1,9	2,1
Force majeure	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	1,7	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3
<b>Sum</b>	<b>16,1</b>	<b>14,8</b>	<b>14,1</b>	<b>14,9</b>	<b>13,6</b>	<b>12,1</b>	<b>11,0</b>	<b>12,4</b>	<b>13,1</b>	<b>13,4</b>	<b>13,5</b>

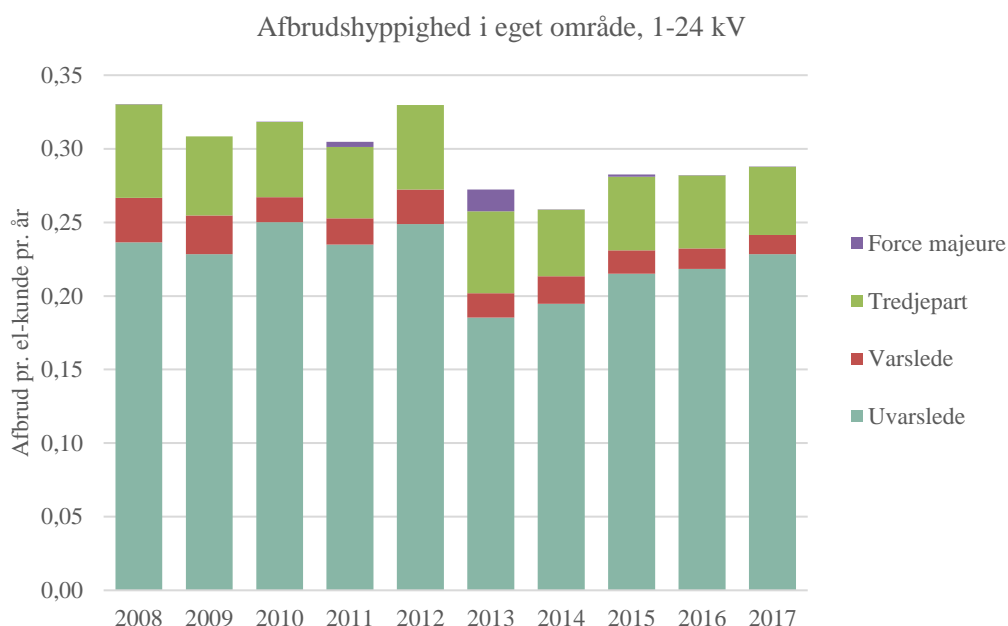
### 3.2 SAIFI - GENNEMSNITLIG AFBRUDSHYPPIGHED PR. KUNDE

På figur 3-3 er hyppigheden af kundeafbrud på det udvalgte statistikområde fordelt på afbrudskategorier.

På førstepladsen ligger år 2014 med den laveste afbrudshyppighed. Her var hver kunde gennemsnitligt afbrudt 0,25 gange.

I 2008 var det gennemsnitlige antal afbrud pr. kunde 0,33 gange, og i 2017 var det 0,29 gange. Herudover ses en stigning fra 2014 og frem. Varslede og tredjepartsafbrydelser er blevet holdt på et konstant niveau, men de uvarslede afbrud er svagt stigende. Hovedparten af afbruddene kommer fra uvarslede afbrud.

I hele perioden har mængden af gange, en kunde har været afbrudt grundet et varslet afbrud, ligget mellem 0,01-0,03. Antal gange, en kunde har været afbrudt som følge af tredjeparts-hændelser, er holdt på 0,05-0,06 gange for hele perioden.



Figur 3-3 Fordelingen af antal gennemsnitlige kundeafbrud opgjort på 1-24 kV-statistikområdet (SAIFI)

Værdierne for SAIFI for 1-24 kV vises i tabel 3-2 for alle årene. Gennemsnittet over de seneste ti år samt summen pr. år, dvs. samlet gennemsnitlig afbrudshyppighed for alle kunder på alle spændingsniveauer, er udregnet.

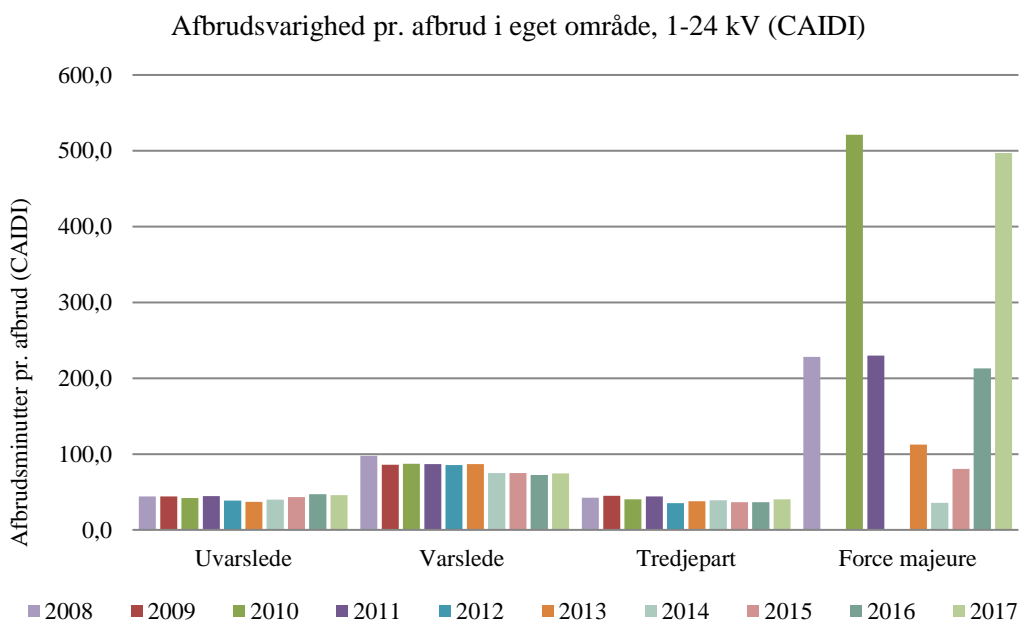
Tabel 3-2: Talværdierne for SAIFI for 1-24 kV-statistikområdet pr. afbrudskategori 1-4, anvendt i Figur 3-3

SAIFI: System Average Interruption Frequency Index (Gennemsnitligt antal afbrud pr. kunde)											
Afbrud pr. kunde [antal]											
SAIFI	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	GNS
Uvarslede	0,24	0,23	0,25	0,23	0,25	0,19	0,19	0,22	0,22	0,23	0,22
Varslede	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Tredjepart	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Force majeure	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Sum</b>	<b>0,33</b>	<b>0,31</b>	<b>0,32</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	<b>0,27</b>	<b>0,26</b>	<b>0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>0,29</b>	<b>0,30</b>

### 3.3 CAIDI – DEN GENNEMSNITLIGE VARIGHED AF KUNDEAFBRUD

I det følgende gennemgås den gennemsnitlige afbrudsvarighed og afbrudshyppighed pr. kunde (CAIDI) opdelt på de første fire afbrudskategorier – altså afbrud i eget område. Som tidligere beskrevet er CAIDI-tallet en beskrivelse af, hvor lang tid et afbrud i gennemsnit varer.

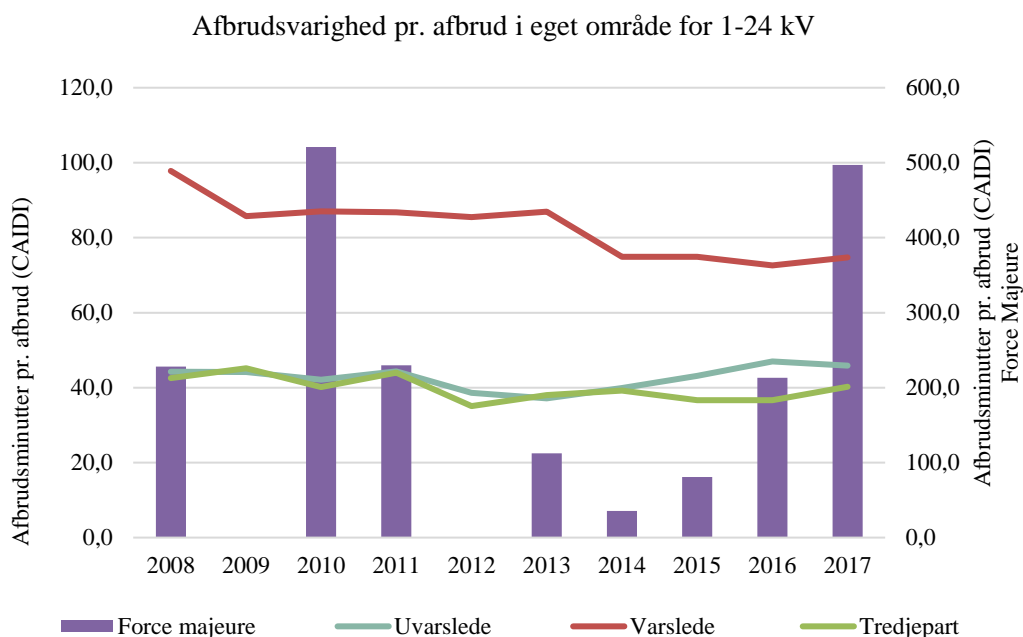
CAIDI kan ikke som SAIDI og SAIFI summeres over afbrudskategorier, og derfor er Figur 3-4 vist kategoriopdelt.



Figur 3-4 Gennemsnitligt antal minutter en kunde er afbrudt ved forskellige typer afbrud (CAIDI)

På Figur 3-5 vises udviklingen af CAIDI-værdierne for 2008 til 2017 for det udvalgte statistikområde 1-24 kV med rækkefølgen af afbrudskategorier som før. Her er Force Majeure dog vist som søjler, så udviklingen i de mere stabile kategorier bedre kan inspiceres.

I 2008 varede et gennemsnitligt varslet afbrud 97,8 minutter. På figuren fremgår det, at tendensen har været faldende fra 2008 til 74,7 minutter i 2017. De varslede afbrud giver et højt CAIDI-tal og betegner typisk planlagt reparationsarbejde af en sådan karakter, at de påvirkede kunder er blevet varslet.



Figur 3-5 Gennemsnitligt antal minutter en kunde er afbrudt ved forskellige typer afbrud (CAIDI)

Et gennemsnitligt uvarslet afbrud varede 44,2 minutter i 2008, hvilket svarer til under halvdelen af et varslet afbrud. Tendensen for uvarslede afbrud har været svagt faldende i midten af perioden til 37,1 minutter i 2013, men er steget efterfølgende.

I 2012 varede et gennemsnitligt tredjepartsafbrud 35,1 minutter og er det laveste i perioden. Der har været en stigning mellem 2016 og 2017 på 3,6 minutter, men der kan ikke konkluderes nogen tendens.

Force majeure er den afbrudskategori, der står for de største udsving i CAIDI, se Figur 3-5, og har ofte store CAIDI-tal. Det skyldes, at CAIDI er et udtryk for, hvor længe en afbrudt kunde i gennemsnit har været afbrudt ved en given type hændelse. Generelt har force majeure-hændelser et højt antal afbrudsminutter, da der er tale om ekstremt usædvanlige omstændigheder, og udbedringen er ofte tidskrævende. I disse situationerne er der dog ofte tale om relativt få afbrudte kunder.

På Figur 3-5 kan det aflæses, at der er to år med nul afbrudsminutter grundet force majeure, mens andre år ligger højt. Et eksempel er 2010, hvor én hændelse står for hele bidraget. En transformerstation stod under vand på grund af regn, og beredskabet var nødsaget til at pumpe vandet væk, før en nødgenerator kunne tage over. Dette var en tidskrævende opgave, og 32 kunder var afbrudt i 8 timer og 41 minutter (521 minutter). Udbedringen indebar her strøm til kunderne, men der var senere endnu et afbrud, da reparationen var færdig, og nødgeneratoren skulle kobles fra.

Senest var der i 2013 et force majeure-afbrud grundet orkaner, og CAIDI er her 110 minutter, dvs. længere end varslet arbejde. Også i 2015 var der force majeure-afbrud grundet orkan, da stormen Gorm ramte Danmark i november måned.

I 2016 var to udfald grundet oversvømmelse af transformatorer skyld i stigningen, hvor der gik ca. 4 timer, før kunderne fik strøm igen. I de år, hvor der var force majeure-afbrud, har disse afbrud typisk også den største CAIDI-værdi. I 2017 var der flere storme, og disse førte til flere oversvømmelser af stationer.

**Tabel 3-3 Talværdierne for afbrudskategorierne for CAIDI for 1-24 kV, anvendt i Figur 3-4 og Figur 3-5**

CAIDI: Customer Average Interruption Index (Gennemsnitlig afbrudsvarighed pr. afbrud)										
Afbrudsvarighed pr. afbrud [minutter]										
CAIDI	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Uvarslede	44,2	44,1	42,1	44,4	38,6	37,1	39,9	43,1	47,0	45,9
Varslede	97,8	85,8	87,0	86,8	85,5	86,9	74,9	74,9	72,6	74,7
Tredjepart	42,6	45,2	40,1	44,0	35,1	38,0	39,2	36,7	36,6	40,3
Force majeure	228,0	0,0	521,0	229,8	0,0	112,5	35,5	80,6	213,1	497,2

### 4 REFERENCELISTE

- Ref. 1: ELFAS, Retningslinjer for føring af fejl- og afbrudsstatistik, 4. udgave, DEFU, oktober 2003.
- Ref. 2: Notat DataHub Markedsrapport, Energinet.dk, Nr. 4 – Februar 2017.  
<https://www.energinet.dk/Om-publikationer/Publikationsliste/Data-Hub-Markedsrapport-2017-02>
- Ref. 3: Forsyningstilsynet, Vejledning til indrapportering af data til benchmarking af kvalitet i levering, 1. udgave marts 2017.  
[http://energitilsynet.dk/fileadmin/Filer/0 -  
\\_Nyt\\_site/EL/Selvbetjening/Kvalitet i levering/2017-09 -  
\\_Vejledning til kvalitet i levering 2017.pdf](http://energitilsynet.dk/fileadmin/Filer/0_-_Nyt_site/EL/Selvbetjening/Kvalitet_i_levering/2017-09_-_Vejledning_til_kvalitet_i_levering_2017.pdf)
- Ref. 4: Storms in Denmark since 1891, DMI. Continuously updated.  
[https://www.dmi.dk/fileadmin/user\\_upload/Stormlisten/storme-2.pdf](https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Stormlisten/storme-2.pdf)
- Ref. 5: CEER Benchmarking Report 6.1 on the Continuity of Electricity Supply (26 juli 2018)  
<https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/963153e6-2f42-78eb-22a4-06f1552dd34c>



## Appendiks 1 ELFAS-SAMARBEJDET

### A1.1 Selskaber i ELFAS-samarbejdet pr. 1. januar 2017

Nedenstående tabel viser de selskaber, som i 2017 indberettede fejl- og afbrudsdata til ELFAS-samarbejdet. For hvert selskab er anført, hvilke(t) statistikområde(r) de enkelte selskaber har indberettet data for.

Tabel 1.1 Selskaber i ELFAS-samarbejdet ved opstart i 2017

			Lavspænding	1-24 kV	25-70 kV	70-170 kV	170-350 kV	400 kV
		<b>I alt</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
23	23	Nyfors Net A/S	X	x	x			
31	31	Nord Energi Net A/S	X	x	x			
44	44	HEF Net A/S	X	x	x			
100	100	Energinet.dk (DK1 + 400 kV DK 2)			x	x	x	x
131	131	EnergiMidt Infrastruktur A/S	X	x	x			
151	151	NRGI Net A/S	X	x	x			
152	152	Verdo Randers Net A/S	x	x	x			
154	154	Viborg elNet A/S	x	x	x			
155	152	Verdo Hobro Net A/S	x	x	x			
233	233	Dinel A/S	x	x	x			
244	244	TRE-FOR El-Net A/S	x	x	x			
246	246	MES Net A/S	x	x	x			
331	331	Thy-Mors El-Net A/S	x	x	x			
342	342	Ikast Værkerne Net A/S	x	x	x			
344	344	Syd Energi Net A/S	x	x	x			
347	347	NOE Net A/S	x	x	x			
348	348	RAH Net A/S	x	x	x			
351	351	Vestforsyning Net A/S	x	x	x			
359	348	RAH Net 2 A/S	x	x				
381	331	Hurup Elværk	x	x				
533	533	SEF Net A/S	x	x	x			
543	543	Energi Fyn Net A/S	x	x	x			
611	791	Radius City Elnet A/S	x	x	x			
711	740	SEAS-NVE Net A/S Transmission			x			
740	740	SEAS-NVE Net A/S	x					
741	791	Radius Nord Elnet A/S	x	x	x			
742	740	SEAS-NVE Net A/S		x				
757	757	Helsingør Elforsyning – Net	x	x				
801	740	SEAS-NVE Transmission A/S			x			
811N	740	SEAS-NVE Net A/S		x				
811S	740	SEAS-NVE Net A/S		x				
856	856	Vordingborg Kommunale Værker	x	x				
911	911	Østkraft Net A/S	x	x	x			

## Appendiks 2 BEGREBSFORKLARING

Konventioner og begreber som brugt i rapporten kan findes i dette appendiks.

Begreb	Forklaring
<b>100-350 kV</b>	132 kV, 150 kV og 220 kV.
<b>1-24 kV</b>	Mellemspændingsområde, i denne rapport 10 kV- 20 kV.
<b>25-99 kV</b>	30 kV, 50 kV og 60 kV.
<b>400kV</b>	400 kV.
<b>Afbrud</b>	Afgrænset periode på over 1 minut, hvor en eller flere kunder er uden elforsyning.
<b>ASAI</b>	Average Service Availability Index.
<b>CAIDI</b>	Customer Average Interruption Duration Index.
<b>Force majeure</b>	Udefra kommende hændelser af særlig anormal karakter. Oftest storme i Danmark. Forsyningstilsynet afgør hvilke hændelser der er force majeure.
<b>GNS</b>	Gennemsnit.
<b>Kundeafbrud</b>	Se afbrud.
<b>Kundeafbrudsminutter</b>	SAIDI.
<b>Lavspænding</b>	Spændingsområde under 1 kV.
<b>SAIDI</b>	System Average Interruption Duration Index.
<b>SAIFI</b>	System Average Interruption Frequency Index.
<b>Standardafvigelse</b>	Statistisk begreb brugt til at beskrive spredning, det udtrykker observationers gennemsnitlige afvigelse fra gennemsnittet.
<b>Statistikområde</b>	Grupperet spændingsområde.
<b>Tredjepart</b>	Uvarslet hændelse grundet personaktivitet ikke tilknyttet netselskabet, oftest graveskade eller påkørsel.
<b>Uvarslet</b>	Afbrud hvor kunden ikke er blevet varslet, oftest grundet en pludselig opstået fejl.
<b>Varslet</b>	Planlagt hændelse, hvor kunder er varslet.

### A3.1 Indsamling af data

Netselskaber, der deltager i ELFAS-samarbejdet, indberetter løbende igennem året ind til ELFAS, når der er hændelser. Alle fejlrappporter valideres manuelt hos Dansk Energi for at sikre et højt niveau i indberetningen.

Baseret på dette laves der udtræk, der benyttes til indberetning til Forsyningstilsynet. Tallene bruges også som grundlag eller supplement til DEFU-rapport samt Asset Management hos de enkelte selskaber.

I ELFAS findes der fem rapporttyper:

1. Fejl/driftsforstyrrelse
2. Følgefejl
3. Planlagt
4. Følgeafbrud
5. På anmodning fra kunden

Alle rapporttyper af karakteren ”På anmodning fra kunden” medtages ikke, heller ikke i indberetningen til Forsyningstilsynet. Det er som oftest erhvervskunder, der ønsker at blive frakoblet nettet, mens de laver udvidelser eller ændringer af deres installation.

Følgeafbrud medtages ikke i SAIFI-tallene, da denne rapporttype bruges, når netselskabet til- og frakobler kunder i fejltilfælde for at mindske deres samlede udetid. Det klassiske eksempel er, at der sker en fejl på et kabelstykke, og kunderne dermed er uden strøm. Netselskabet tilkobler da en nødgenerator, for at kunderne kan have strøm, mens der foretages en reparation. Når reparationen er færdig, skal nødgeneratoren fjernes, og kunderne kobles på det kollektive net. Dette giver en yderligere, omend kortvarig, udkobling for kunden. Minutterne tæller med i den samlede udetid, men tæller kun som et afbrud.

I ELFAS opdeles kunderne efter kundetyper, og producenter er ikke medtaget i denne rapport. Deres afbrud registreres på lige fod med forbrugere, men der findes andre regler for dem og deres afbrud.

Husstande med husstandsvindmøller eller solceller tæller som forbrugere og er medtaget i denne rapport.

### A3.2 SAIDI – Gennemsnitlig varighed af kundefafbryd pr. kunde

SAIDI (System Average Interruption Duration Index) beskriver, hvor længe en kunde i gennemsnit har været afbrudt i en given periode. Dette beskrives også som kundefafbrydsminutter.

$$\text{SAIDI} = \frac{\text{sum af varigheden af alle kundefafbryd}}{\text{antal af alle kunder}}$$

Dette nøgletal beskriver, hvor længe en kunde i gennemsnit er afbrudt om året i minutter. Det samlede SAIDI-tal findes ved at lægge alle spændingsniveauer sammen.

### A3.3 SAIFI – Gennemsnitlig afbrydshyppighed pr. kunde

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) beskriver, hvor mange gange en kunde i gennemsnit har været afbrudt i en given periode. Dette betegnes også som afbryd pr. kunde.

$$\text{SAIFI} = \frac{\text{sum af alle undafbryd}}{\text{antal af alle kunder}}$$

Dette nøgletal fortæller om hyppigheden af afbryd for en gennemsnitskunde i Danmark, når der ses på hele landet og antal kunder i alt.

Det samlede SAIFI-tal findes ved at lægge SAIFI-tallene for alle spændingsniveauerne sammen.

### A3.4 CAIDI – Gennemsnitlig varighed af et kundefafbryd for et givet statistikområde

CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) beskriver, hvor langt et kundefafbryd i gennemsnit er.

$$\text{CAIDI} = \frac{\text{sum af varigheden af alle kundefafbryd}}{\text{sum af alle kundefafbryd}} = \frac{\text{SAIDI}}{\text{SAIFI}}$$

Dette nøgletal beskriver, hvor langt et kundefafbryd er gennemsnitligt, fx hvor lang tid et afbryd i gennemsnit varer for kunder på lavspænding.

Det samlede CAIDI-tal findes ved at dividere det samlede SAIDI-tal med det samlede SAIFI-tal. Man kan ikke lægge CAIDI-tallene sammen for alle spændingsniveauerne, da det er et udtryk for forholdet mellem SAIFI og SAIDI. Det vil sige, at modsat SAIFI og SAIDI er der ingen vægtning mellem spændingsniveauerne i de opgivne CAIDI-tal, og det samlede skal beregnes ud fra vægtede tal for at give et korrekt resultat.

Dette eksemplificeres her med 2017 tallene:

Afbrudshyppighed pr. kunde pr. år (SAIFI)	2017
Sum	0,46

Afbrudsvarighed pr. kunde pr. år (SAIDI)	2017
Sum	22,3

Afbrudsvarighed pr. afbrud (CAIDI)	2017
Lavspænding	156,2
1-24 kV	46,5
25-99 kV	19,4
100-169 kV	25,4
170-350 kV	0
400 kV	0

Summen af afbrudsvarigheden pr. afbrud bliver her 247,5 minutter, hvilket ville svare til, at et afbrud i gennemsnit varer 4 timer, hvilket virker meget højt.

For både SAIDI og SAIFI kan man lægge dem sammen, da der for alle spændingsniveauer er den samme nævner, som er kundeantal.

For CAIDI er nævneren varierende, da den er antal afbrud pr. spændingsniveau, se afsnit 2.3.

$$\begin{aligned}
 \text{CAIDI} &= \frac{\text{SAIDI}}{\text{SAIFI}} \\
 &= \frac{\frac{\text{sum af varigheden af alle kundefafbud}}{\text{antal af alle kunder}}}{\frac{\text{sum af alle kundefafbud}}{\text{antal af alle kunder}}} \\
 &= \frac{\text{sum af varigheden af alle kundefafbud}}{\text{sum af alle kundefafbud}}
 \end{aligned}$$

For SAIDI og SAIFI ønskes en sum:

$$\frac{x_1}{x_3} + \frac{x_2}{x_3} + \dots + \frac{x_n}{x_3} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{x_3}$$

For CAIDI ønskes et forhold og ikke en sum:

$$\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{x_3 + x_4 + \dots + x_m}$$

Altså beregnes det samlede CAIDI-tal ud fra to summer. Hvilket for 2017 bliver 48,1 minutter.

### A3.5 ASAI – Leveringssikkerhed i procent af året

ASAI (Average Service Availability Index: Procent af året en kunde ikke er afbrudt) er forholdet mellem antal af minutter, der er i året, og antal timer der ikke er afbrudt. Tallet udtrykker altså den tid i løbet af året, en kunde i gennemsnit ikke var afbrudt.

$$\text{ASAI} = \frac{\text{Antal minutter på et år} - \text{SAIDI}}{\text{Antal minutter på et år}}$$

### A3.6 Standardafvigelse

I denne rapport bruges standardafvigelsen til at vise spredningen år for år. Standardafvigelsen er den gennemsnitlige afvigelse fra gennemsnittet.

Den beregnes således:

Først findes gennemsnittet:

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$$

Så findes hvert punkts afvigelse fra gennemsnittet:

$$y_1 = (x_1 - \mu)^2$$

Så findes gennemsnittet af afvigelsen (variansen):

$$\sigma^2 = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}$$

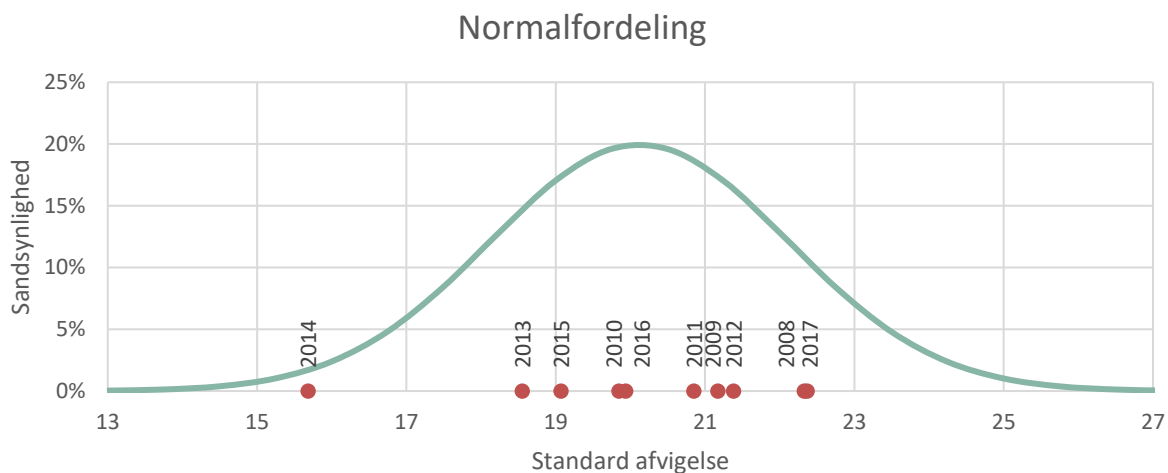
Standardafvigelsen er så kvadratroden af variansen:

$$\sqrt{\sigma^2} = \sigma = \sqrt{\frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}}$$

Denne metode kan kun bruges, når man beregner standardafvigelsen ved hjælp af hele datamængden.

Standardafvigelsen er et udtryk for sandsynligheden for, at en observation vil opstå uden for et interval, hvis den følger en normalfordeling. Gennemsnittet plus/minus standardafvigelsen definerer det interval, hvor 68 % af alle observationer vil ligge. Indenfor gennemsnittet plus/minus to gange standardafvigelsen vil man så igen finde 95 % af alle observationer.

På Figur A-1 ses normalfordelingen af SAIDI-tallene.



**Figur A-1: Normalfordelingen for SAIDI, gennemsnit på 20,12 minutter med en normalfordeling på 2 minutter.**

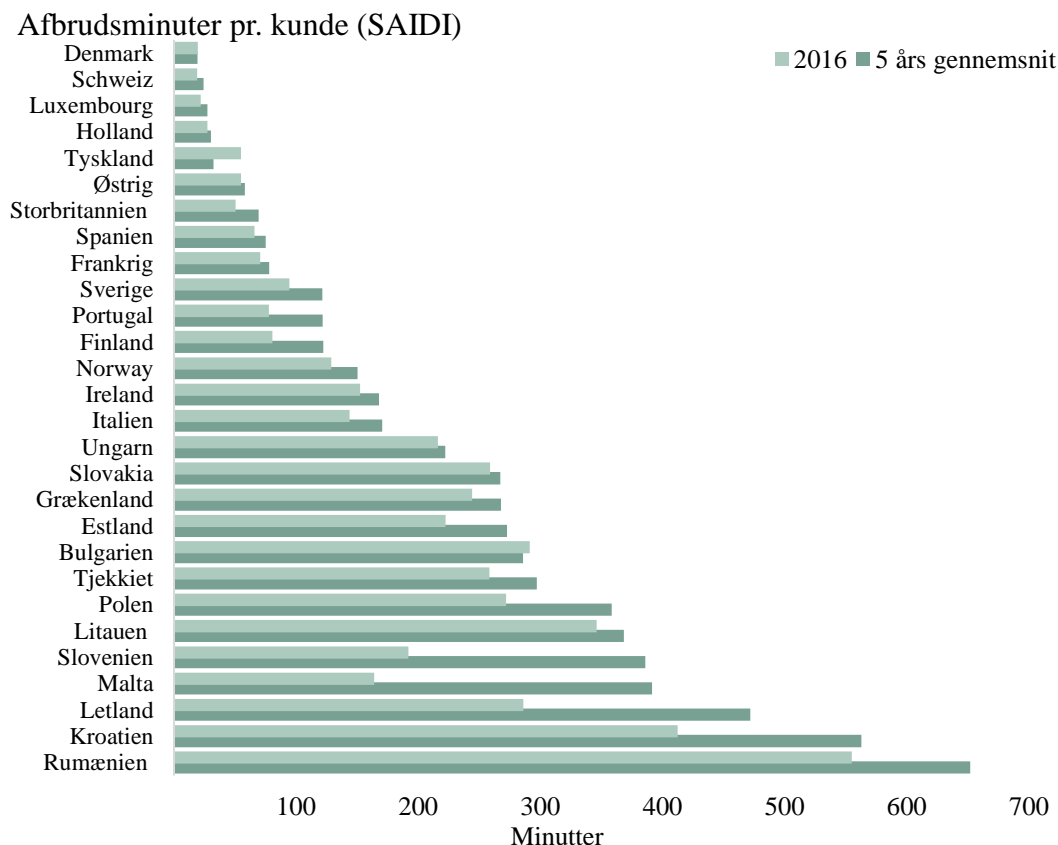
### A3.7 CEER Benchmarkingtal

Council of European Energy Regulators (CEER) er den europæiske sammenslutning for Forsyningstilsyn i forhold til regulering. Deres hovedformål er at sikre et sammenhængende, konkurrencepræget, effektivt og bæredygtigt energimarked internt i EU. Det er en belgisk NGO, som det danske Forsyningstilsyn også er en del af. Ifølge Council of European Energy Regulators (CEER) rapport for 2016 er de danske tal langt lavere end det generelle niveau i Europa [Ref. 5]. Medianen lå på 148 afbrudsminutter i 2016, og der var et gennemsnit på 170 afbrudsminutter.

På Figur A-2 ses de samlede SAIDI-tal<sup>8</sup> fra CEER-rapporten. Vi har udregnet et 5-års gennemsnit for landene for at give et bredere sammenligningsgrundlag. Tallene for årene 2012-2016 er brugt. Der er altid en vis forsinkelse i CEER-benchmarkingtal i forhold til ELFAS-tallene, og derfor er tallene fra 2016 brugt, da de er de nyeste tilgængelige.

Der er afrundet til heltal, da det er den laveste opløsning, som er brugt i indberetningerne, og da tallene ellers ikke kan sammenlignes korrekt. Det gør, at Danmark og Schweiz har det samme SAIDI-tal for 2016, da Danmark har indberettet 19,38 og Schweiz 19. Schweiz indberetter kun afrundede tal, og Danmark indberetter decimaltal. Derfor kan man ikke sammenligne de to lande på decimalen, men må afrunde til nærmeste heltal. Dette er gjort for alle lande, da nogle indberetter med 2 signifikante decimaler og nogle som Schweiz med 0.

<sup>8</sup> Tabel 9 fra CEER-rapporten [Ref. 5]



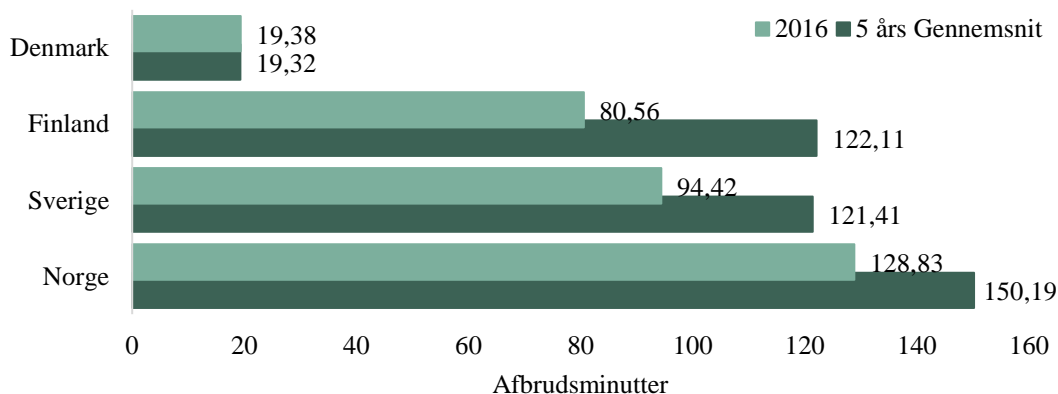
Figur A-2: CEER benchmarking SAIDI-tal

Der er stor forskel mellem Danmark og det land med den dårligste leveringssikkerhed i Europa. Det ses på Figur A-2, at kunder i Rumænien har været afbrudt 650 minutter i gennemsnit over 5 år. Dette svarer til 10-11 timer.

Der er også stor forskel, hvis vi sammenligner leveringssikkerheden i Danmark med resten af de nordiske lande.

På Figur A-3 ses SAIDI for Danmark, Finland, Sverige og Norge. En kunde i Danmark i 2016 var i gennemsnit afbrudt 19,38 minutter, hvor en kunde i Norge var afbrudt 128,83 minutter. Dette er cirka 6 gange så lang tid. Det ses også, at Danmark ligger langt mere stabilt, der er en meget lille forskel på 2016-tallene og gennemsnittet.

### Afbrudsminuter pr. kunde (SAIDI)



Figur A-3: CEER benchmarking SAIDI-tal for de nordiske lande



