

# Informationsmateriale om spændingsdyk i det danske elsystem

Green Power Denmark & Energinet

**ENERGINET**



# Agenda

1. Formål og målgruppe
2. Elkvalitet generelt
3. Spændingsdyk
  - a) Hvad er et spændingsdyk?
  - b) Hvad sker der, når et spændingsdyk indtræffer?
4. Klassificering af spændingsdyk
5. Spændingsdyk i Danmark og den historiske udvikling over tid
6. Hvor finder man aktuel driftsinformation om elnettet i Danmark?

**ENERGINET**



# Formål

- Denne publikation er udarbejdet af Energinet og Green Power Denmark som repræsentanter for det samlede danske elsystem.
- Denne publikation har til formål at beskrive begrebet elkvalitet, herunder særligt spændingsdyk, som fra tid til anden indtræffer i det danske elsystem.
- Publikationen har til formål at tjene som grundlag for dialog mellem Energinet/netselskaberne og industrikunder, som oplever udfordringer med spændingsdyk, som påvirker industrivirksomhedernes industrielle processer og produktion.
- Spændingsdyk opleves for den almene elforbruger typisk som meget kortvarige ”blink i lyset”. For den almene elforbruger vil spændingsdyk normalt ikke give anledning til gener. I særlige driftstilfælde kan spændingsdyk være af en sådan karakter, at der kan opstå gener.
- Spændingsdyk kan føre til, at industrielle processer stopper, hvilket kan være til gene for industrien.
- Målgruppen for denne publikation er teknikere og tekniske ledere i industrien (fx elinstallatører, produktionsledere og CTO’s).

**ENERGINET**

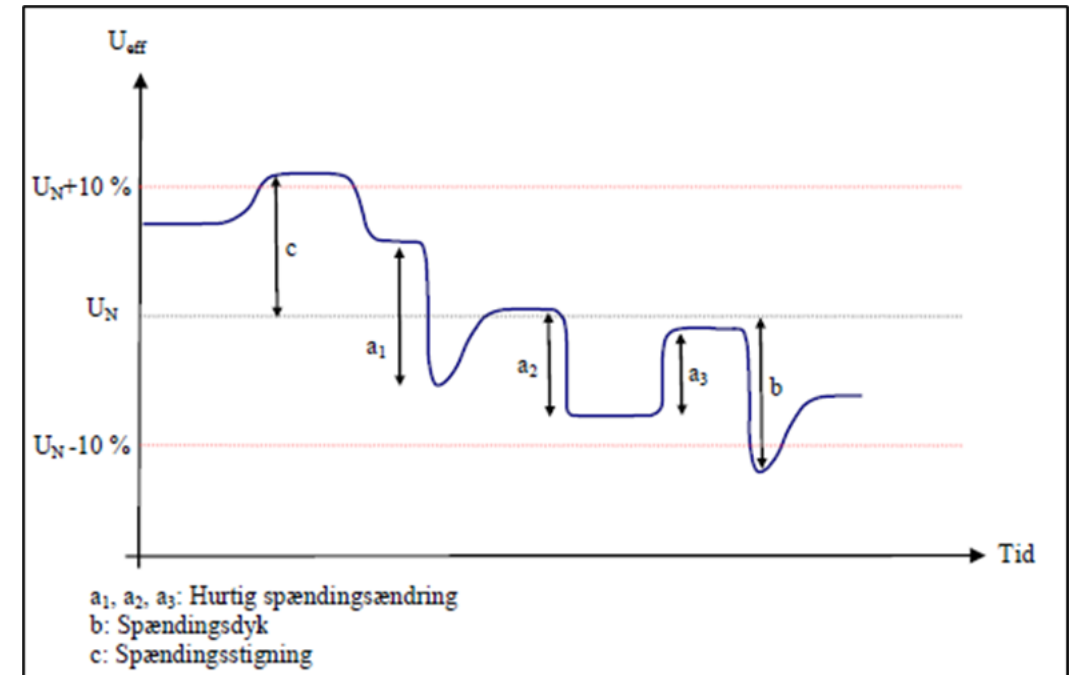


# Elkvalitet generelt

# Elkvalitet generelt

- Elkvalitet er fællesbegreb for en række tekniske termer, som dækker over de fysiske begreber strøm, spænding og frekvens (målt over tid).
- Elkvalitet er en kombination af både spændingskvalitet og strømkvalitet og omhandler afvigelser i spændingen og/eller strømmen fra den ideelle tilstand.
- Kan beskrives som karakteristika for elektriciteten i et givet punkt i elnettet, som vurderes op mod et sæt tekniske grænseværdier.
- For at forbrugsapparater/anlæg kan fungere korrekt og ikke forstyrrer andre kunder, opsætter netselskabet betingelser og krav til elkvalitet ved ethvert nettilslutningspunkt.
- Elnettet skal levere en fungerende spænding til kunder, hvilket sker på baggrund af standarden DS/EN 50160, "Spændingskarakteristika for elektricitet leveret af offentlige distributionssystemer".
  - Kilde: DS/EN 50160, [Dansk Standard Webshop - DS/EN 50160](#)
- Netselskaber stiller krav til, hvor meget kunder må støje elektrisk, da der kun må være en vis mængde støj til stede for at holde støjen under de grænser, som elnettet skal holdes under samlet set jf. DS/EN 50160.

- Hurtige spændingsændringer (ændring inden for +/- 10 % af referencespændingen).
- Spændingsdyk ( $U < 10\%$  af referencespændingen).
- Spændingsstigninger ( $U > 10\%$  af referencespændingen).



Figur 1 – Oversigt over klassificering af spændingsforstyrrelser.

# Elkvalitet generelt

## Elkvalitetsparametre - Karakteristika

Parameter	Forklaring
Hurtige spændingsændringer	En enkeltstående spændingsændring (effektivværdi) af kort varighed. En hurtig spændingsændring udtrykkes som en procentdel af normal driftsspænding. Ændring i spændingen inden for $\pm 10\%$ af den nominelle spænding. Typisk varighed fra 100 ms til 2 s.
Spændingsdyk	Kortvarig spændingsændring, som resulterer i, at spændingens effektivværdi i tilslutningspunktet er mellem 5 % og 90 % af normal driftsspænding. Typisk varighed fra 10 ms til 1 min.
Spændingsstigninger	En spændingsstigning er en kortvarig spændingsændring, som resulterer i, at spændingens effektivværdi i leveringspunktet kortvarigt overstiger 110 % af normal driftsspænding. Typisk varighed fra 10 ms til 1 min.
DC-indhold	Produktionsanlæg kan injicere DC-strøm, og denne DC-strøm giver et offset på AC-strømmen, så denne ikke er symmetrisk omkring nul i tilslutningspunktet.
Strømubalance	Tilstand i et flerfasesystem, hvor strømmens amplitude og/eller vinklerne mellem de på hinanden følgende faser ikke er ens.
Spændingsubalance	Tilstand i et flerfasesystem, hvor effektivværdierne af yderspændingernes grundtone og/eller vinklerne mellem de på hinanden følgende yderspændinger ikke er ens.

# Elkvalitet generelt

## Elkvalitetsparametre - Karakteristika

Parameter	Forklaring
Flicker	Den visuelle opfattelse af flimren i lys, der opstår, når spændingen ændrer sig ofte og på en måde, som bevirker, at mennesker bliver generet heraf. Et flicker-niveau beskriver størrelsen og antallet af spændingsændringer over en given tidsperiode.
Harmoniske overtoner	Elektriske forstyrrelser forårsaget af overharmoniske strømme eller spændinger. Overharmoniske er frekvenser, der er et helt multiplum af grundtonens frekvens (50 Hz).
Interharmoniske overtoner	Elektriske forstyrrelser forårsaget af interharmoniske strømme eller spændinger. Interharmoniske overtoner er frekvenser, der ikke er et helt multiplum af grundtonens frekvens (50 Hz).
Forstyrrelser i intervallet 2-9 kHz (supraharmoniske, den lavfrekvente del)	Elektriske forstyrrelser forårsaget af (højfrekvente) supraharmoniske strømme eller spændinger.
Effektfaktor	Effekt faktoren $\cos(\phi)$ for vekselspændingssystemer angiver forholdet imellem den aktive effekt og den tilsyneladende effekt.

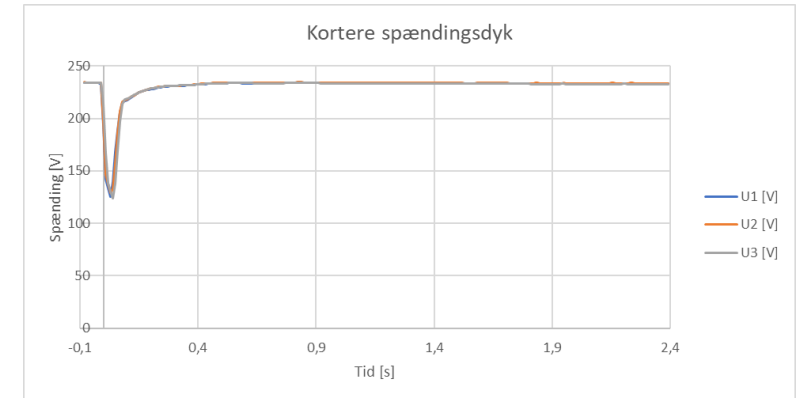
# Spændingsdyk



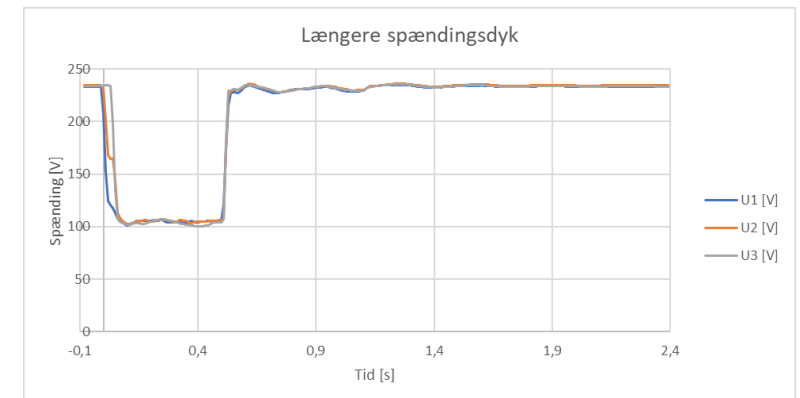
# Spændingsdyk

Hvad er et spændingsdyk?

- Et spændingsdyk er en spændingsforstyrrelse, som jf. DS/EN 50160 er en kortvarig reduktion i spændingen, som resulterer i, at spændingen er mindre end 90 %, men større end 5 % af referencespændingen i en periode mellem 10 ms og 1 min.
- Spændingsdyk kan tage mange forskellige former og forløb. De to figurer til højre illustrerer to faktiske, men forskellige spændingsdyk målt to forskellige steder i det danske elsystem.
- Spændingsdyk opstår typisk som følge af fejl eller driftsforstyrrelser i elsystemet. Sådanne fejl kan fx være:
  - Torden og lynnedslag
  - Meteorologiske forhold fx storm, sne, salt mv.
  - Ydre påvirkninger såsom:
    - Graveskader på kabler eller påkørsler.
    - Fugle og andre dyr, som berører luftledninger eller andre spændingsførende dele.
  - Fejl på aldrende anlæg.
  - Procedurefejl fx fejlkobling.
  - Fejl i elsystemet i udlandet (fx i Tyskland, Norge, Sverige).



Figur 2 – Kortere spændingsdyk.

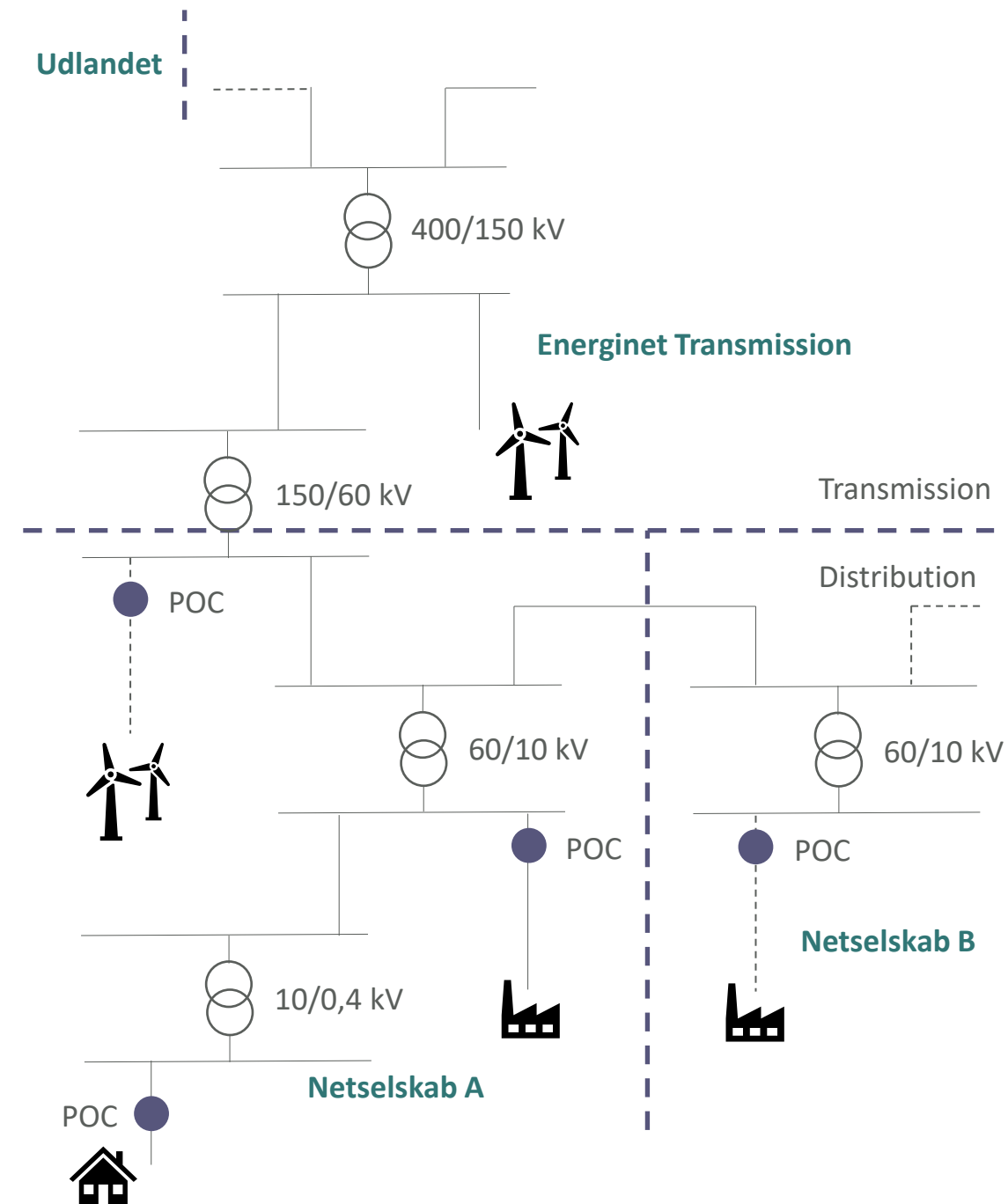


Figur 3 – Længere spændingsdyk.

# Spændingsdyk

## Elnettets opbygning og kundens tilslutningspunkt

- Det danske elsystem er strukturelt set todelt - hhv. transmissionsniveau og distributionsniveau (se figuren til højre).
- Transmissionsnettet er defineret som det elnet i Danmark med spændinger på 100 kV eller højere. Transmissionsnettet er ejet og drevet af Energinet Transmission A/S.
- Distributionsnettet er defineret som det elnet i Danmark med spændinger under 100 kV. Distributionsnettet er ejet og drevet af elnetselskaberne i Danmark, som er enten andelsejet, fondsejet eller kommunalt ejet.
- Elnettet (både transmission og distribution) er opdelt i en række forskellige netområder og spændingsniveauer, som alle drives efter bevilling.
- Når elkvalitet måles og dokumenteres (herunder spændingsdyk) sker dette med i udgangspunkt i kundens tilslutningspunkt (POC, Point of connection).
- Hvad der sker i kundens installation har netselskaberne ingen indflydelse på.

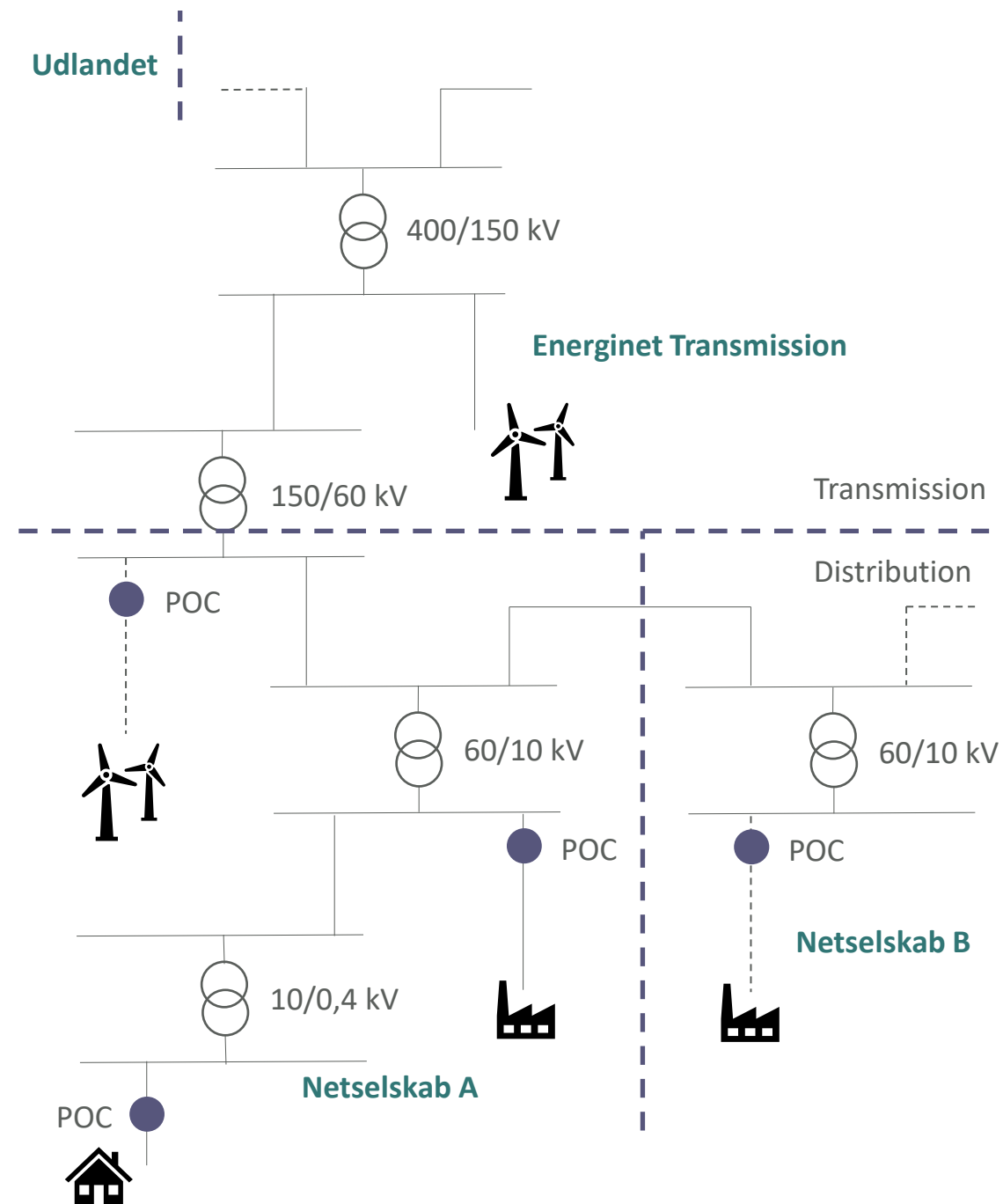


Figur 4 – Elnettets opbygning og kundens tilslutningspunkt.

# Spændingsdyk

Hvad sker der, når et spændingsdyk indtræffer?

- Når et spændingsdyk indtræffer et givent sted i nettet, vil spændingsdykket være resultatet af en række forskellige faktorer, herunder hvor og til hvad den initierende fejlårsag kan henføres til, typen af fejl (elektrisk set fx 1- eller 3-faset), indstillinger for beskyttelsesudstyr, nettets koblings- og driftstilstand, antallet af elproducerende anlæg mv.
- På tilsvarende vis vil konsekvenserne (for kunden) ved et givet spændingsdyk også kunne variere fx afhængig af tid på døgnet, årstid, berørte anlæg mv.
- Sandsynligheden for to eksakt ens spændingsdyk på samme sted i nettet (læs: hos samme kunde) og med samme afledte konsekvenser er derfor meget usandsynlig.

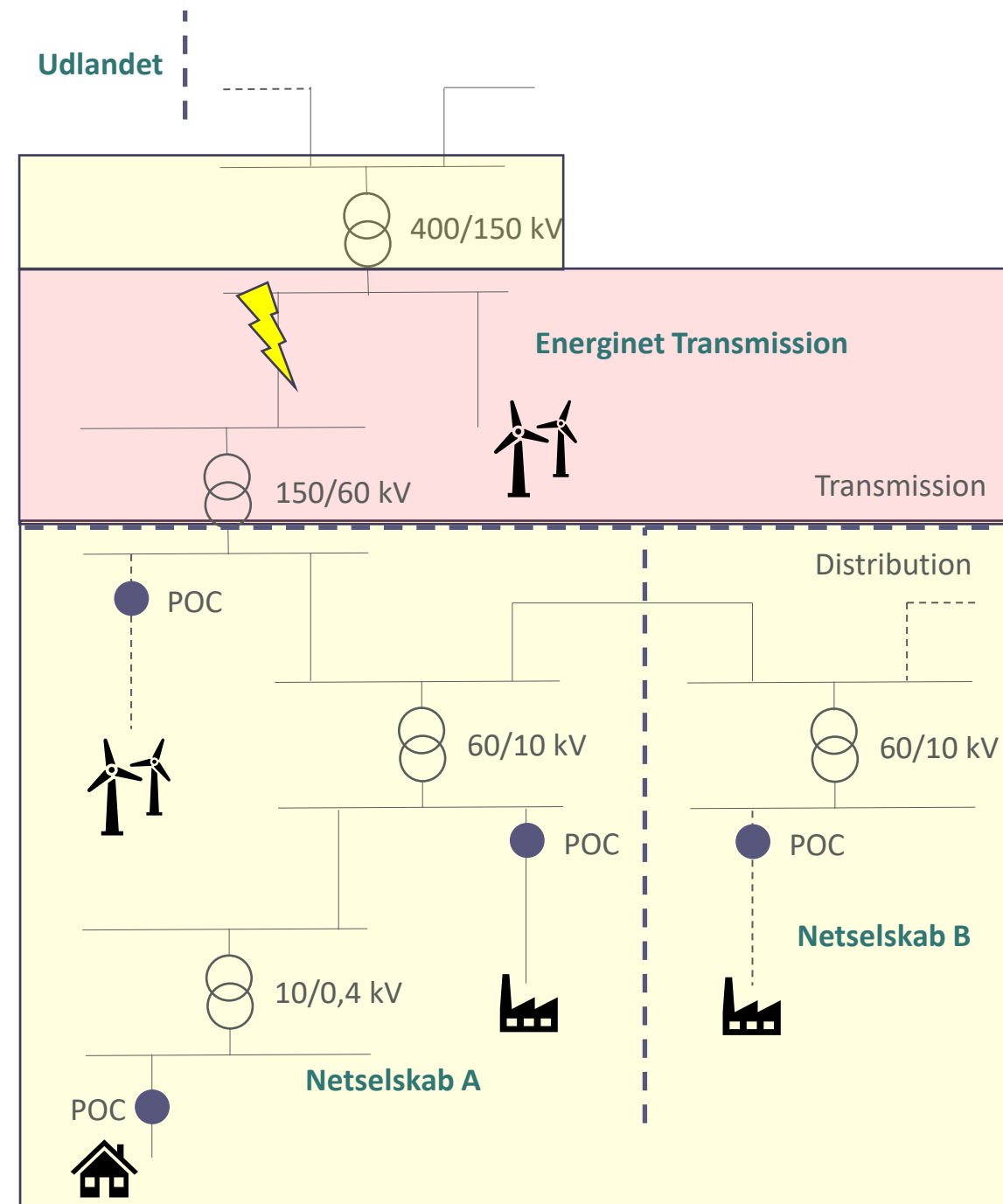


Figur 5 – Elnettets opbygning og kundens tilslutningspunkt.

# Spændingsdyk

Hvad sker der, når et spændingsdyk indtræffer? Ex. 1: 150 kV

- Når et spændingsdyk indtræffer et givent sted i nettet, vil spændingsdykket forplante sig i nettet på forskellig vis afhængig af de elektriske koblings- og belastningsforhold i nettet.
- Spændingsdyk vil i udgangspunktet primært forplante sig "nedad" i nettet og kun i mindre grad "opad" i nettet.
- I eksemplet (på figuren til højre) indtræffer en fejl på en 150 kV luftledning (fx som følge af et lynnedslag).
- Fra det øjeblik, fejlen (lynedslaget) indtræffer, og mens fejlen står på, vil spændingen i fejlstedet bliver trukket mod nul.
- Beskyttelsesudstyret vil hurtigst muligt udkoble linjen, hvorved fejlen bortkobles, hvorved spændingen genskabes.
- Kunder tilsluttet på 150 kV og spændingsniveauerne derunder vil opleve et kortvarigt spændingsdyk (blink i lyset).

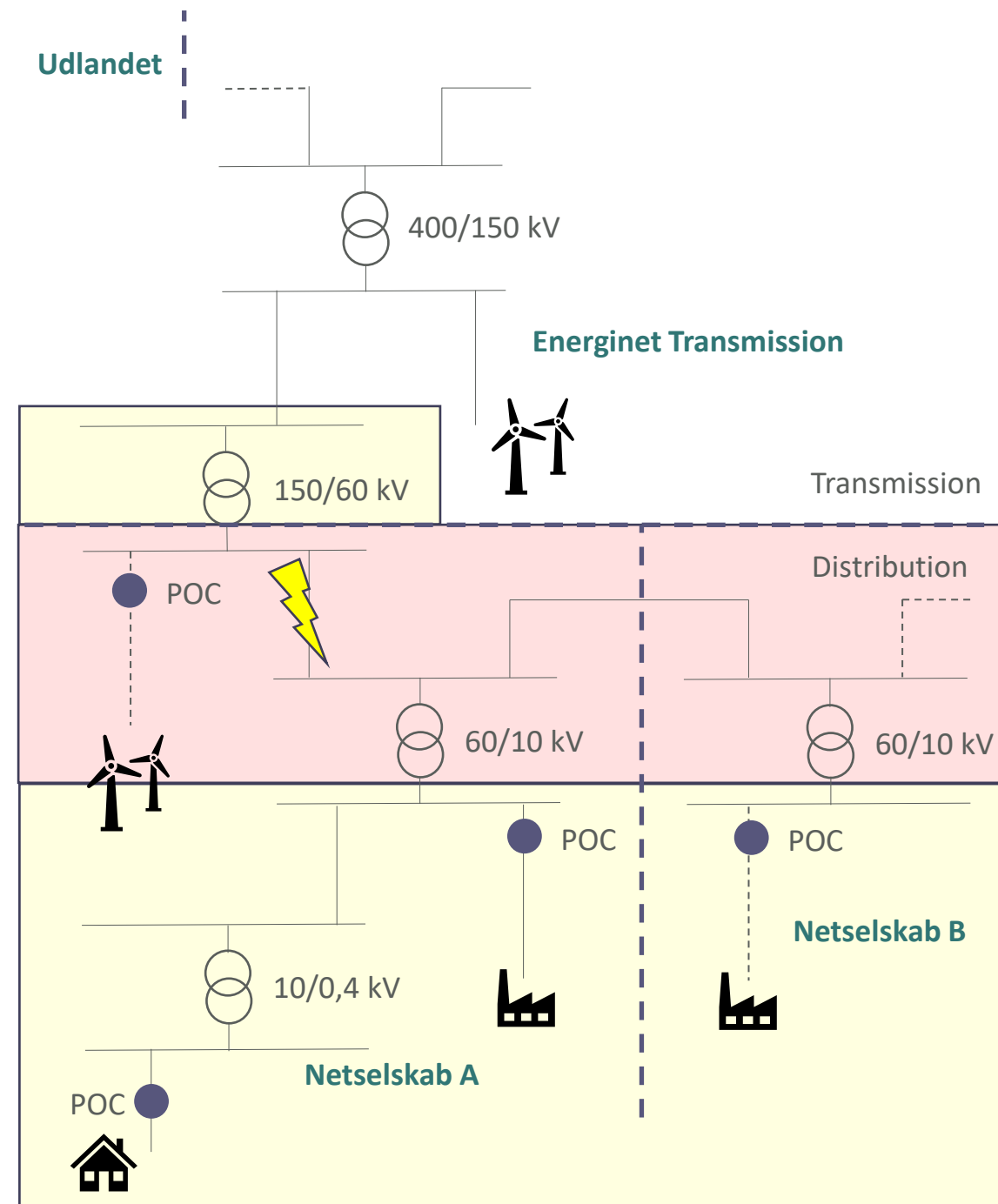


Figur 6 – Eksempel på når et spændingsdyk indtræffer på en 150 kV luftledning.

# Spændingsdyk

Hvad sker der, når et spændingsdyk indtræffer? Ex. 2: 60 kV

- Når et spændingsdyk indtræffer et givent sted i nettet, vil spændingsdykket forplante sig i nettet på forskellig vis afhængig af de elektriske koblings- og belastningsforhold i nettet.
- Spændingsdyk vil i udgangspunktet primært forplante sig "nedad" i nettet og kun i mindre grad "opad" i nettet.
- I eksemplet (på figuren til højre) indtræffer en fejl på en 60 kV luftledning (fx som følge af berøring fra en gren på et træ).
- Fra det øjeblik, at fejlen (grenen berører luftledningen) indtræffer, og mens fejlen står på, vil spændingen i fejlstedet blive trukket mod nul. I slukkespolejordede net giver dette ikke nødvendigvis udslag i spændingsdyk.
- Driftsvagten og beskyttelsesudstyret vil hurtigst muligt udkoble linjen/isolere fejlen, hvorved fejlen bortkobles.
- Kunder tilsluttet på 60 kV og i nettene herunder kan – afhængig af nettopologi – opleve et kortvarigt spændingsdyk (blink i lyset) eller en reel strømafbrydelse.

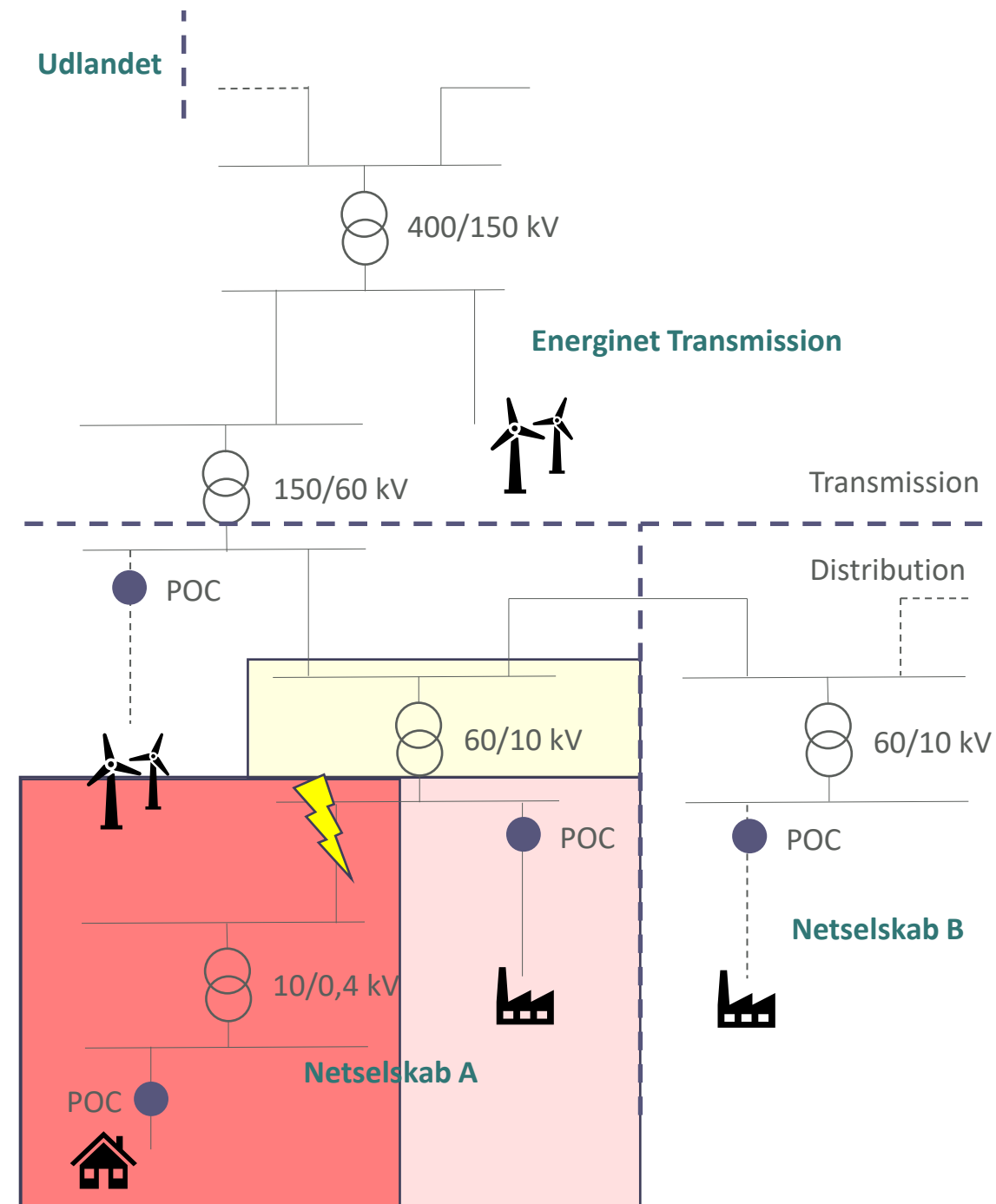


Figur 7 – Eksempel på når et spændingsdyk indtræffer på en 60 kV luftledning.

# Spændingsdyk

Hvad sker der, når et spændingsdyk indtræffer? Ex. 3: 10 kV

- Ved en fejl på distributionsniveau (10 kV-niveau) vil spændingen på transmissionsniveau forventes upåvirket.
- Spændingen på overliggende net (60 kV-niveau) vil være begrænset påvirket og vil typisk være afgrænset til overliggende 60/10 kV-hovedstation.
- Mens fejlen står på, vil spændingen under den pågældende hovedstation blive trukket mod nul, hvilket vil observeres på alle radialer under den pågældende hovedstation. Dette vil således også påvirke (de ikke fejlramte) naboradialer til den fejlramte radial på samme hovedstation.
- Når den fejlramte radial definitivt udkobles af relæbeskyttelsen vil spændingen på de ikke-fejlramte radialer blive genskabt.
- Kunder på de ikke-fejlramte radialer vil således opleve et kortvarigt spændingsdyk, mens kunderne på den fejlramte radial vil opleve en reel strømafbrydelse (hvor spændingen bliver nul).



Figur 8 – Eksempel på når et spændingsdyk indtræffer på 10 kV-niveau.

# Klassificering af spændingsdyk

# Klassificering af spændingsdyk

## Spændingsdyk og europæiske normer

- Grundlæggende eksisterer der tre normer, som omhandler spændingsforstyrrelser i forbindelse med nettilsluttede industrivirksomheder.
- DS/EN 50160 – Spændingskarakteristika for elektricitet leveret af offentlige distributionssystemer
  - Beskriver den spændingskvalitet, som installationer, der tilsluttes det kollektive elnet, kan forvente under normale driftsforhold. Netselskaber tilstræber at overholde denne norm i leveringspunktet.
  - Kilde: [Dansk Standard Webshop - DS/EN 50160](#)
- DS/EN 61000-2-4 – Kompatibilitetsniveauer for industriudstyr
  - Definerer kompatibilitetsniveauer for forskellige industrielle miljøer, dvs. grænseværdier for de højst tilladelige spændingsforstyrrelser, der må forekomme i forskellige industrimiljøer. Grænseværdierne eller kompatibilitetsniveauerne er således med til at definere, hvad det elektriske udstyr, der tilsluttes, skal kunne tåle.
  - Kilde: [Dansk Standard Webshop - DS/EN 61000-2-4](#)
- DS/EN IEC 61000-6-2 – Immunitetsstandard for industrimiljøer
  - DS/EN IEC 61000-6-2 definerer egentlige normative krav til industriudstyrs immunitet over for spændingsdyk. Kravene består i, at udstyret dels udsættes for nogle veldefinerede test, dels skal bestå nogle veldefinerede krav til udstyrets performance under og efter testene.
  - Kilde: [Dansk Standard Webshop - DS/EN IEC 61000-6-2](#)



# Klassificering af spændingsdyk

## Spændingsdyk og europæiske normer

- DS/EN IEC 61000-6-2 er en generisk norm for industriudstyr.
- Generisk norm betyder, at den er gældende, hvis der ikke findes nogen relevant produktstandard.
- Der er en lang række produktgrupper, hvortil der hører specifikke produktstandarder.
- Det er dermed en generel klassificering af spændingsdyk, da den tager udgangspunkt i en generisk norm.

# Klassificering af spændingsdyk

## Spændingsdyk og europæiske normer

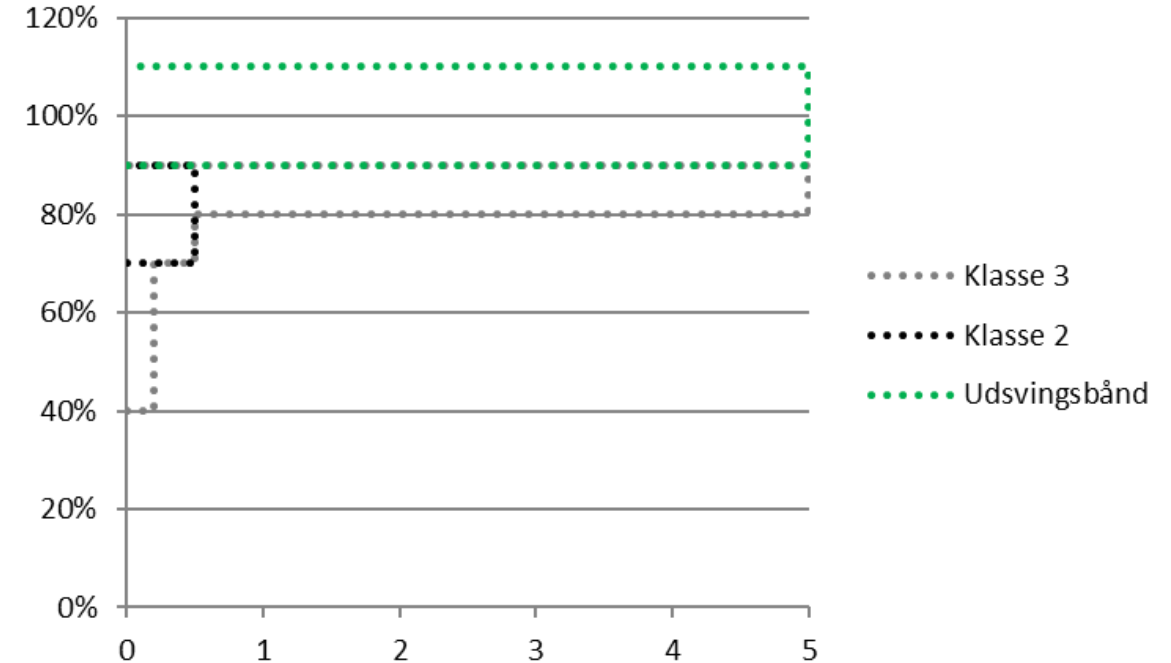
- Industrimiljøer er opdelt i tre klasser jf. DS/EN 61000-2-4.

Klasse	Eksempel på udstyr i de forskellige miljøklasser
Klasse 1	Industrimiljøer, hvor der kun må være begrænset elektrisk støj, fx laboratoriemiljøer.
Klasse 2	Industrimiljøer, hvor de elektriske forstyrrelser er i samme orden, som hvad der kan forventes, hvis man er tilsluttet det offentlige forsyningsnet.
Klasse 3	Industrimiljøer, hvor der forekommer større elektriske forstyrrelser. Denne klasse bør overvejes, når: <ul style="list-style-type: none"><li>• en stor del af belastningen går gennem frekvensomformere</li><li>• svejsemaskiner er til stede</li><li>• der er store motorer, der startes ofte</li><li>• belastningen varierer hurtigt.</li></ul>

# Klassificering af spændingsdyk

## Spændingsdyk og europæiske normer

- DS/EN 50160 angiver en standardiseret metode til klassificering af spændingsdyk, herunder
  - dybde
  - længde/varighed
- Relation mellem klassificering af spændingsdyk fra DS/EN 50160 og industrimiljøklasser fra DS/EN 61000-2-4.
  - Inden for udsvingningsbåndet  $\pm 10\%$  skal industriudstyr fungere.
  - Elektrisk udstyr tilsluttet i klasse 2 bør være immunt over for spændingsdyk ned til 70 % af nominel spænding og med en varighed op til 0,5 s.
  - Elektrisk udstyr tilsluttet i klasse 3 bør være immunt over for spændingsdyk ned til 40 % af nominel spænding og med en varighed op til 0,2 s, samt spændingsdyk ned til 80 % med en varighed op til 5 s.
- Alt industriudstyr testet efter DS/EN IEC 61000-6-2 er testet efter krav, så det ikke vil tage skade af spændingsdyk klassificeret som klasse 3. Et kriterie for denne test er også, at det ikke kræves, at udstyret opretholder sin funktionalitet under et spændingsdyk. Dermed er der en vis risiko for, at udstyret kan miste sin funktionalitet midlertidigt under et spændingsdyk.



Figur 9 – Relation mellem klassificering af spændingsdyk fra DS/EN 50160 og industrimiljøklasserne fra DS/EN 61000-2-4.

# Spændingsdyk i Danmark og den historiske udvikling over tid

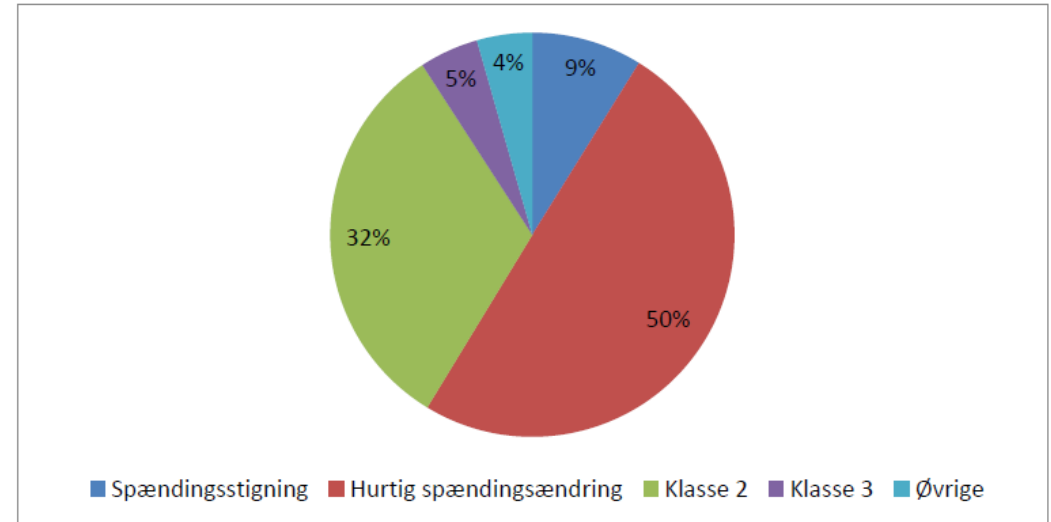
# Spændingsdyk i Danmark og den historiske udvikling over tid

- Der er historisk ikke foretaget konsekvent monitorering af spændingsdyk i hele elsystemet (på transmissions- og distributionsniveau). Monitorering af spændingsdyk er derfor historisk sket ad hoc og mere projektbaseret.
- Seneste systematiske måleprojekt af spændingsdyk blev foretaget af Green Power Denmark (tidl. Dansk Energi) i perioden 2013-2014 publiceret i slutrapport RA599 fra september 2015.
- Hovedkonklusionerne fra denne rapport er gengivet på de følgende slides.
- Energinet og Green Power Denmark samarbejder i 2021-2022 om en opdatering af måleprojektet fra 2013-2014. Slutrapporten forventes klar primo 2023.
- Kilde: [RA599 - Spændingsforstyrrelser i distributionsnet og industrimiljøer](#)



# Spændingsdyk i Danmark og den historiske udvikling over tid

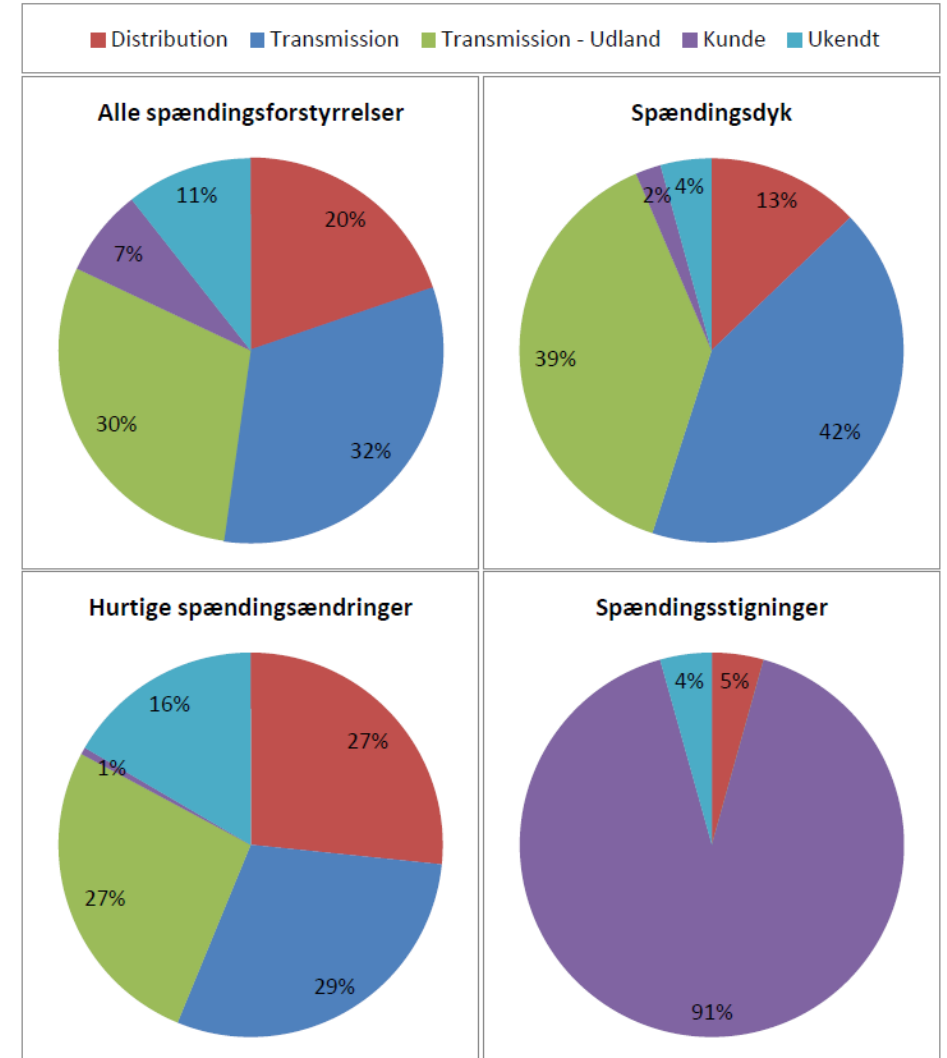
- RA599, September 2015: "Spændingsforstyrrelser i distributionsnet og industrimiljøer".
- Analysen baserer sig på målinger af:
  - Spændingsforstyrrelser i DK2 (Sjælland/Lolland-Falster).
  - Monitorering i tilslutningspunktet (POC) til 6 storindustri-virksomheder.
  - Kontinuert måling over ca. 6 måneder.
- Der er analyseret på observationer af:
  - A. Hurtige spændingsændringer (skærpet definition => begrænset til større end 3 % af Un).
  - B. Spændingsdyk, Klasse 2+3 (< 10 % af Un).
  - C. Spændingsstigninger (> 10 % af Un).
- I alt 341 observationer.



Figur 10 – Procentdel af alle spændingsforstyrrelser klassificeret i forstyrrelsestyperne.

# Spændingsdyk i Danmark og den historiske udvikling over tid

- De observerede spændingsforstyrrelser kan henføres til:
  - Distributionsnettet
  - Transmissionsnettet (nationalt)
  - Transmissionsnettet (udland)
  - Kunden selv
  - Ukendt/ikke muligt at fastlægge



Figur 11 – Oversigt over fordelingen af spændingsforstyrrelser fordelt på kategorierne.

# Spændingsdyk i Danmark og den historiske udvikling over tid

Antal af spændingsdyk observeret i eltransmissionsnettet

- Antallet af spændingsdyk i eltransmissionsnettet er steget gennem årene.
- Antallet er opgjort på enkeltstående driftsforstyrrelser, hvorfor én fejl i elnettet kun angiver ét spændingsdyk.
- En vis stigning i antallet af spændingsdyk er forventet pga. udvidelsen af eltransmissionsnettet for at imødekomme den grønne omstilling med store mængder vedvarende energi.
- Den markante stigning i antallet af spændingsdyk i 2021 skyldes primært snestormen 1. december 2021. Under snestormen var der mange, men relativt svage spændingsdyk i eltransmissionsnettet.
  - Under orkaner eller hårde meteorologiske forhold er sandsynligheden for hændelser større, hvilket 2021 var påvirket af.

Spændingsdyk	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Antal	28	25	29	44	36	62

Figur 12 – Antal fejl der har medført detekterede spændingsdyk.



# Information om spændingsdyk

# Information om spændingsdyk

Hvor kan man finde dokumentation om oplevede spændingsdyk?

- Energinet offentliggør information på deres hjemmeside, når der har været driftsforstyrrelser på transmissionsniveau, som vurderes at have givet anledning til spændingsdyk på/fra transmissionsniveau.
- Læs mere på: [Energinet - Service og drift](#)
- Netselskaberne offentliggør information på deres hjemmesider, når der har været lokale strømafbrydelser forårsaget af fejl på distributionsniveau. Fejl på 10-60 kV kan give anledning til spændingsdyk og kortvarige spændingsændringer lokalt.
- Læs mere på netselskabernes respektive hjemmesider.
- Find det netselskab, der driver distributionsnettet i dit område her: [Green Power Denmark - Find netselskab](#)

**ENERGINET**





GREEN  
POWER  
DENMARK

**ENERGINET**