

06-05-2026

BLACK-OUT:

ALS DE SPANNING WEG IS,
WORDT HET PAS ECHT SPANNEND



Mart van der Meijden
Em Prof TU Delft
Maarten van Riet
Alliander

“Nederlandse E-net verdraaid goed connected?”

The Blackout....





Denk het ondenkbare

Black-out is de reciproke van weerbaarheid.

Hoe kan weerbaarheid worden verhoogd?



1. Dynamisch energieprij
2. Locatie afhankelijk netwerktarief (locational incentives)
3. Tijdsafhankelijk netwerkgebruikstarief
4. Ga naar kleinere aansluiting (bedrijfstijd afhankelijk aansluittarief)
5. **Beloon bedrijven en consumenten voor stroomgebruik buiten de piekuren (Ben Voorhorst)**
6. Ondersteunende diensten standaard in aansluitvoorwaarden
7. Alle nieuwe vermogenselectronica draagt bij aan systeem stabiliteit
8. (inter)-nationaal → én lokaal
9. Data Center direct opnemen in planning/operation op systeemniveau
10. Koningin Maxima roept iedereen op om bij te dragen aan weerbaarheid
11. Controlled islanding
12. Als het toch uit de hand loopt plan en organiseer vooraf roulerende brown-outs
13. Oefen en werk samen (black out helpt)
14. Leer van de fouten
15. Vakmanschap (kennis en ervaring)
16. Test, test, test
17. **Versnel waarborgen transiënte stabiliteit**





S



2014-2019



Arjen van der Meer
Leeuwarden



Mario Ndreko
TenneT
Germany



Lian Liu
Siemens Germany



Vinay Sewdien
Shell Europe



Arcadio Perilla
TenneT NL



Nakisa Farrokhsersht
ELIA International
Brussels



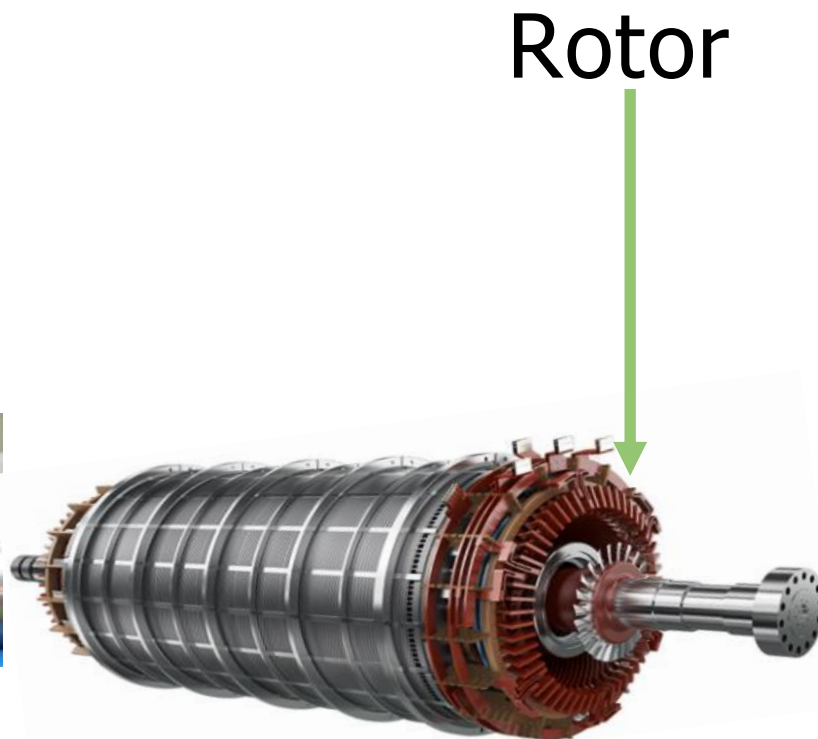
Founding Fathers



Traditionele generatoren (gas, kolen, nucleair)



Stoom Turbine

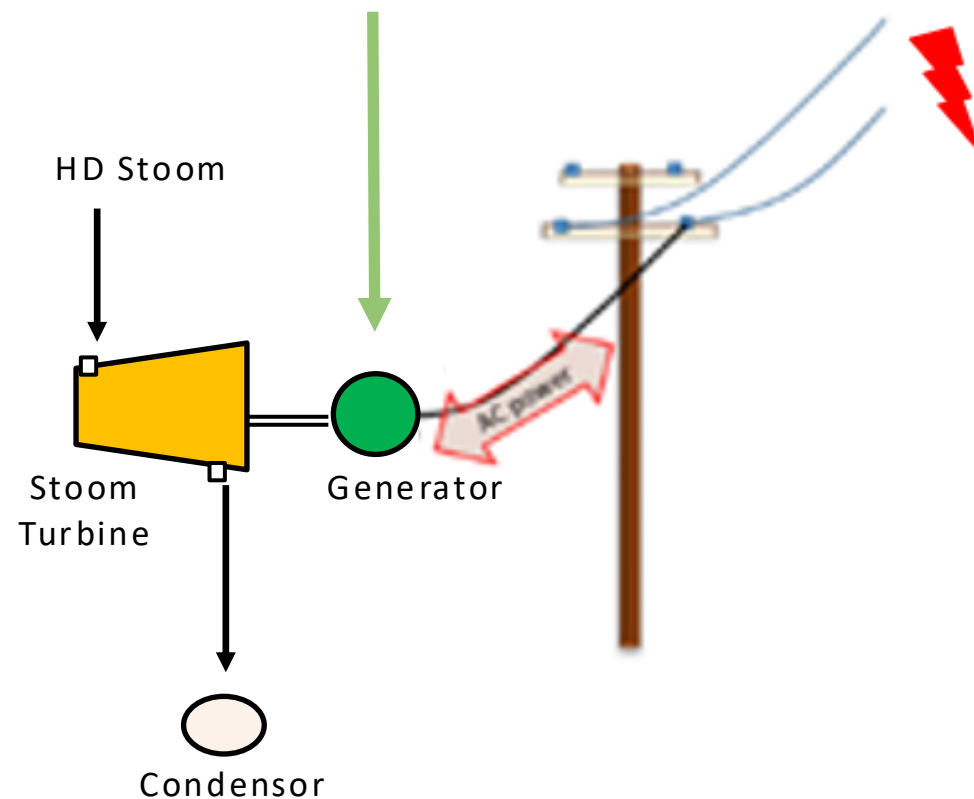


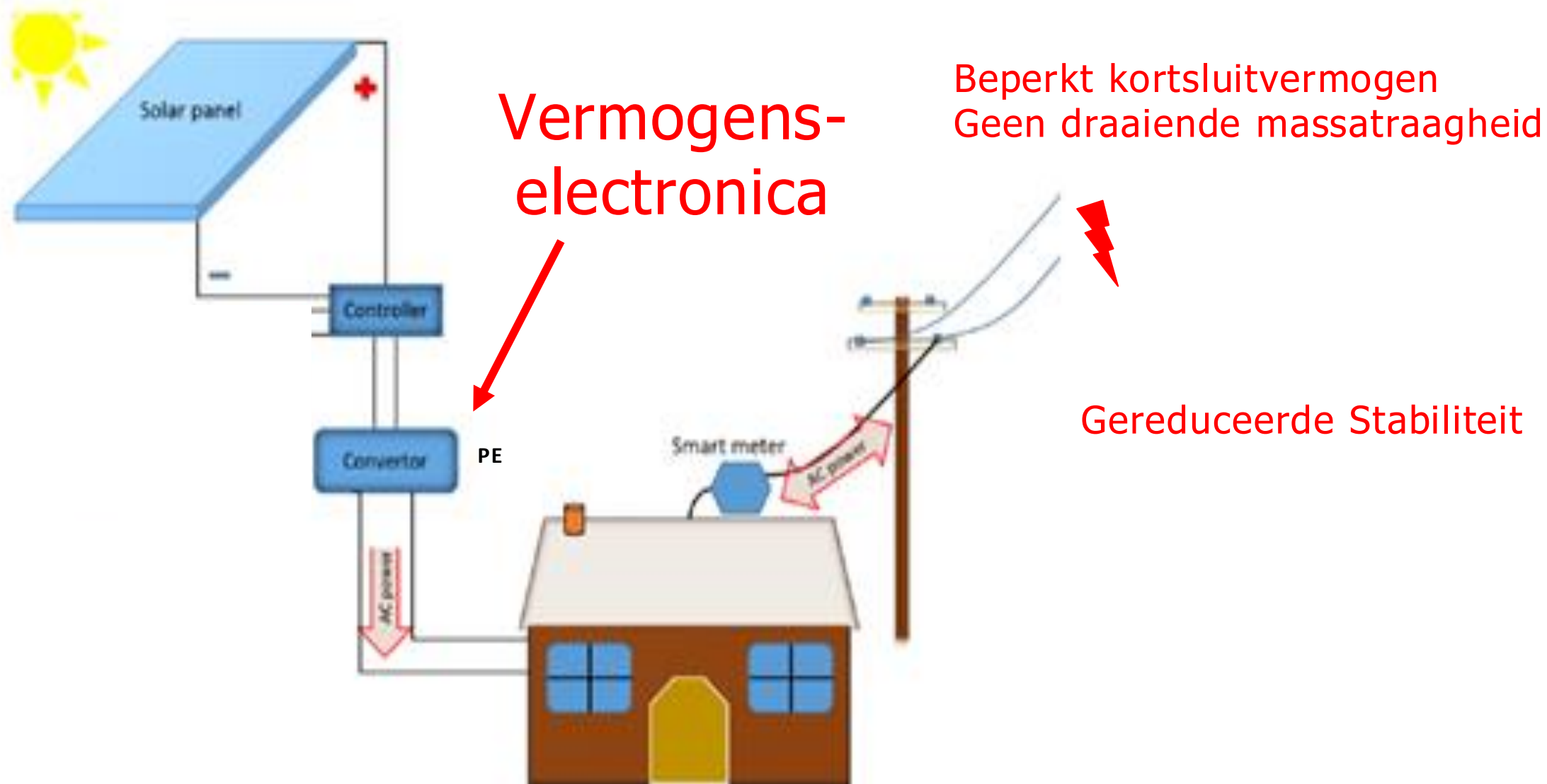
Rotor

Generator

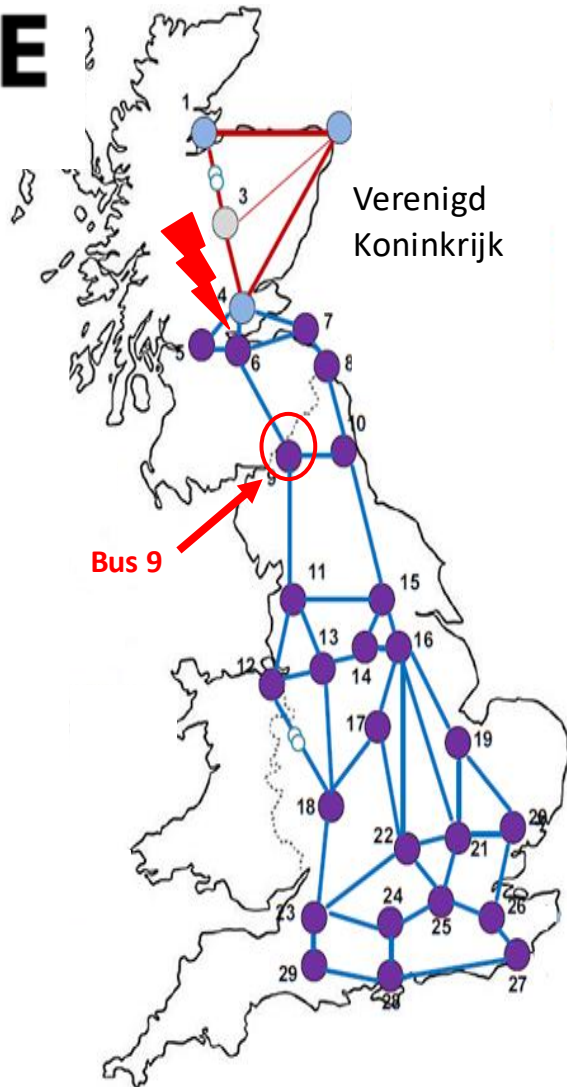
Courtesy Siemens

Kortsluitvermogen
Draaiende massa traagheid



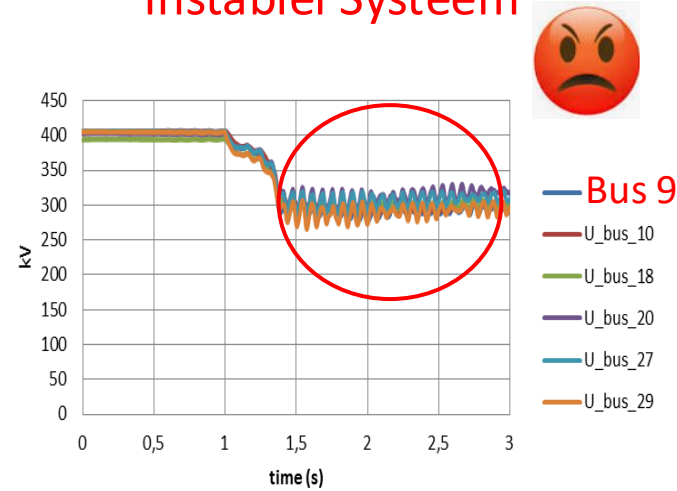


Hoge penetratie van vermogens elektronica



68% Vermogenselectronica
32% roterende massa

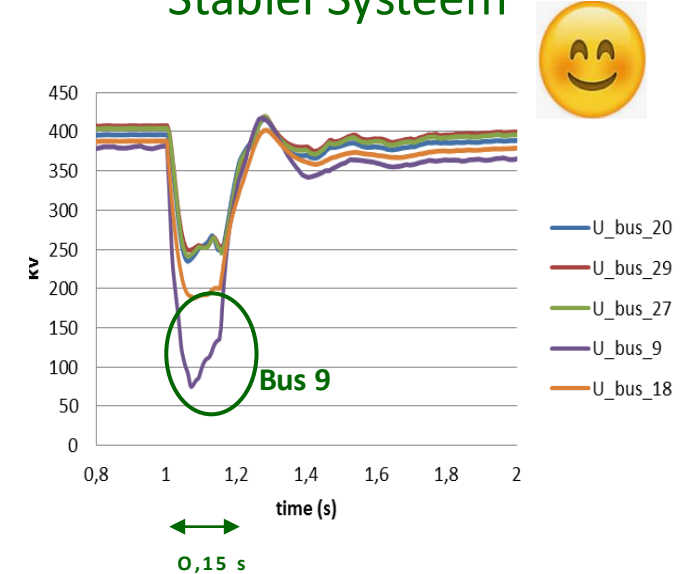
Instabiel Systeem



Systeminstabiliteit door vertraagd spanningsherstel en/of sub-synchrone oscillaties

81% Vermogenselectronica
(35% Grid Forming)

Stabiel Systeem

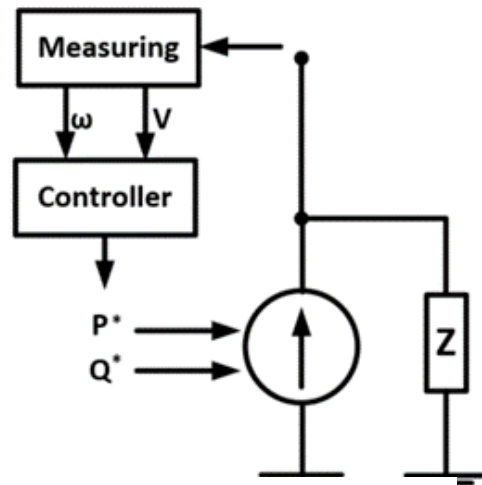


Systemstabiliteit door snelle spannings- en frequentie ondersteuning



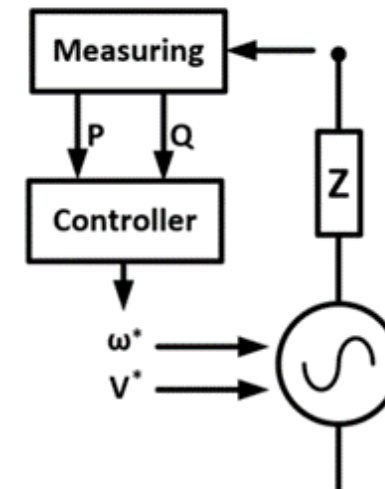
Grid following

controlled converters **follow** voltage and frequency



Grid forming

controlled converters **form/regulate** output voltage and frequency





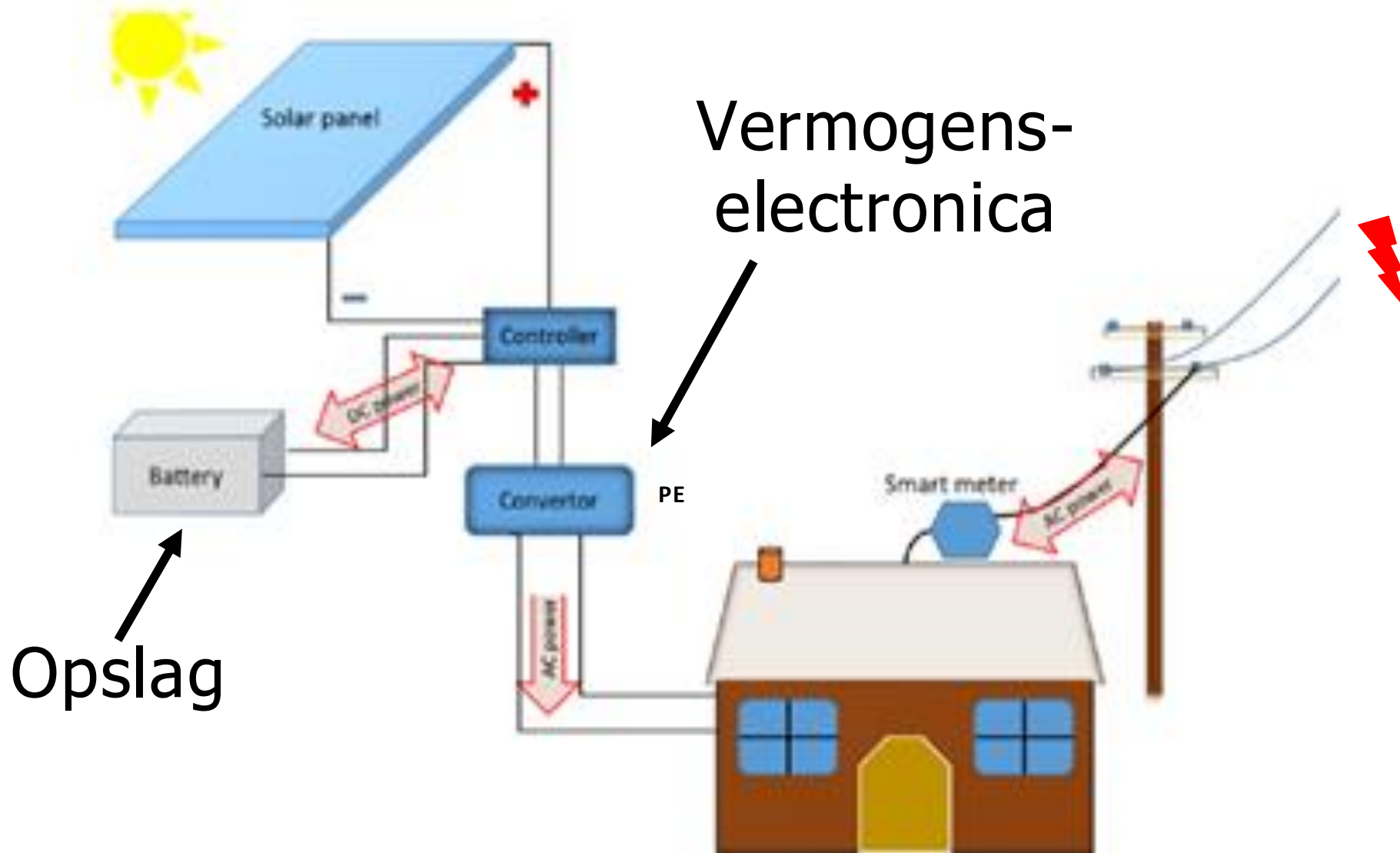
“Grid-forming inverters allow microgrids and macrogrids to be jointed together far more easily”

2028

Grid-forming part of the Network Code Requirements for Generators (also wind park modules, solar park modules) and Network Code for HVDC.

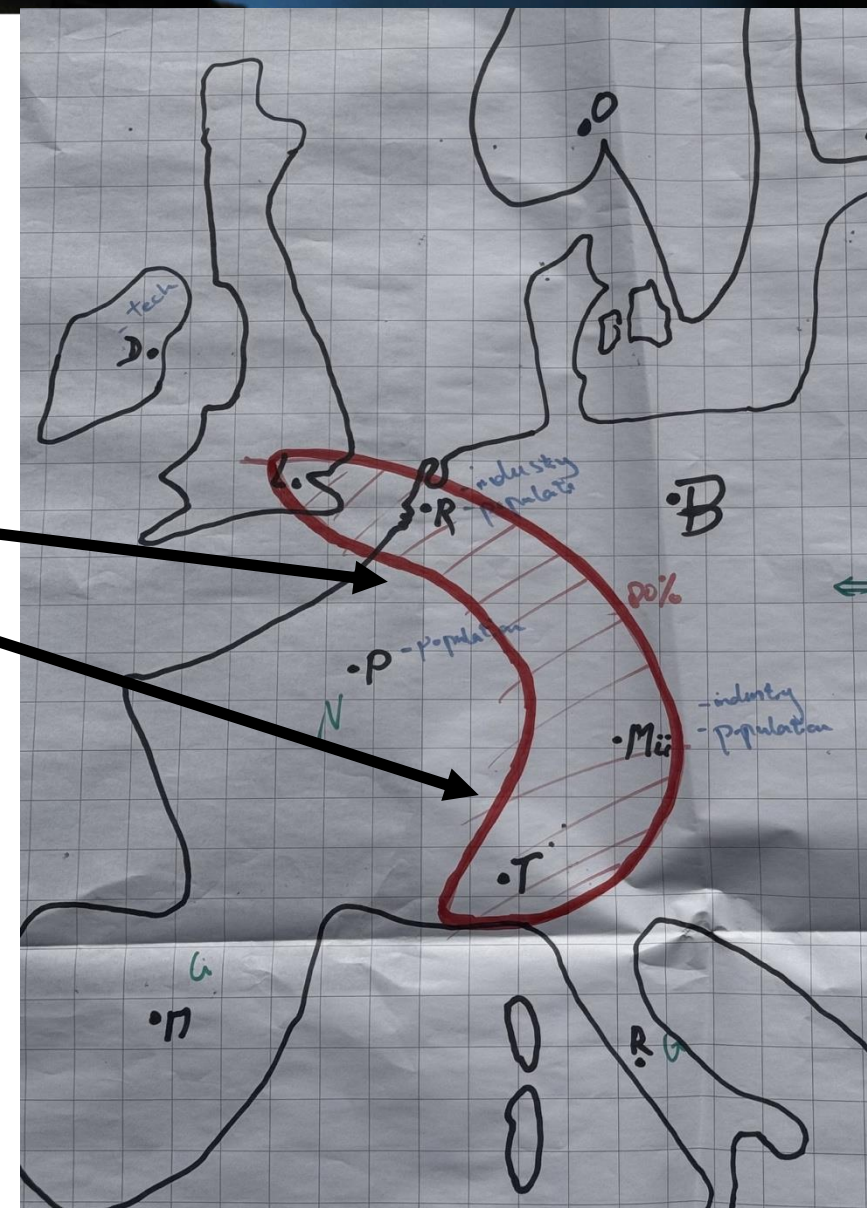


Toekomstige generatoren (wind & zon 2028)





Waar EU energieverbruik in 2050 ?



Oefening: Veronderstel EU in 2050
3000 TWh elektriciteit
4000 TWh warmte
2000 TWh moleculen





Totaal systeem gezien vanuit weerbaarheid en betaalbaarheid

Offshore



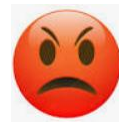
dieper binnenland, grid forming HVDC

Interconnectie



feed the banana (kijk internationaal)

Lokaal



grid forming inverters, opslag, meer samen

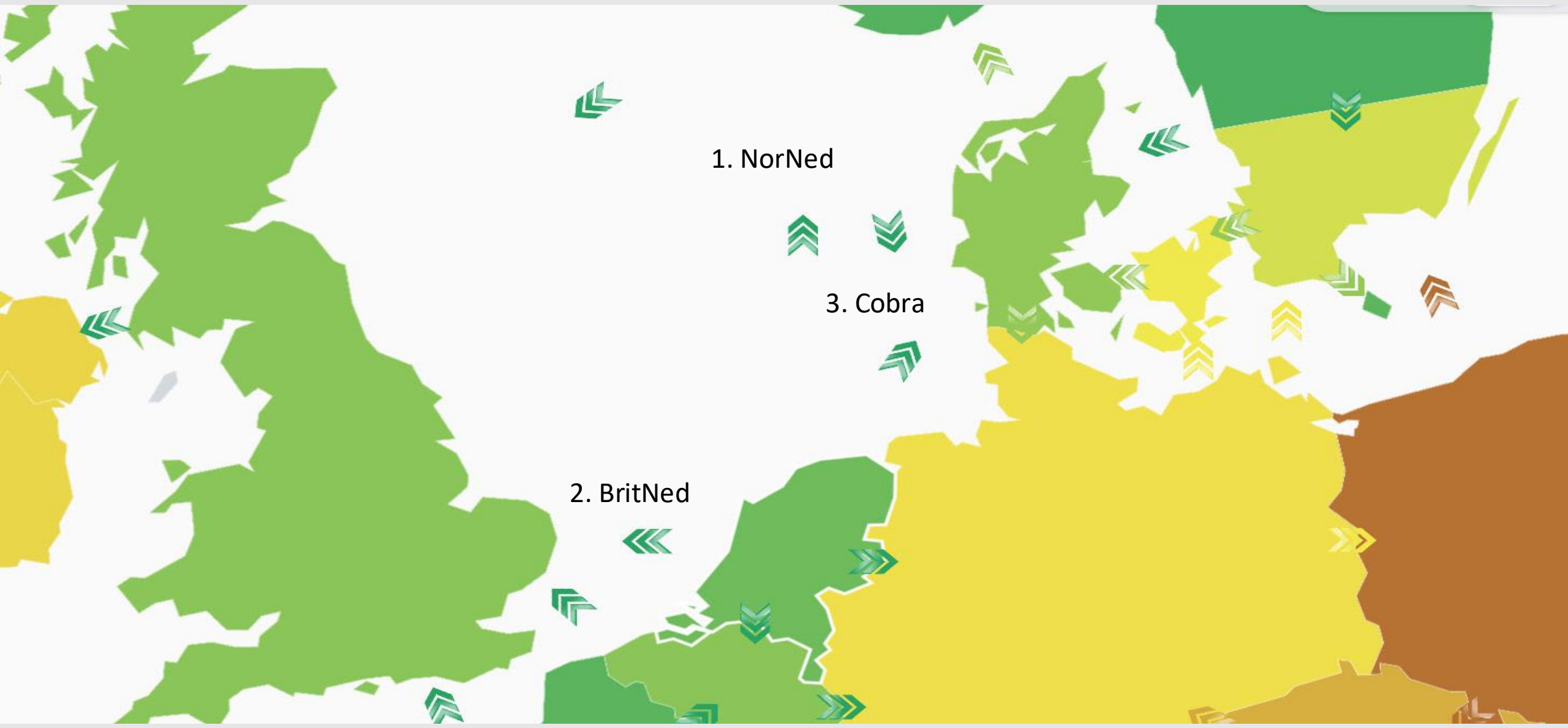
Verminderen impact blackout? Lessen uit het verleden (vakmanschap)



**LESSEN
UIT HET
VERLEDEN**



Dit is het echte nu!

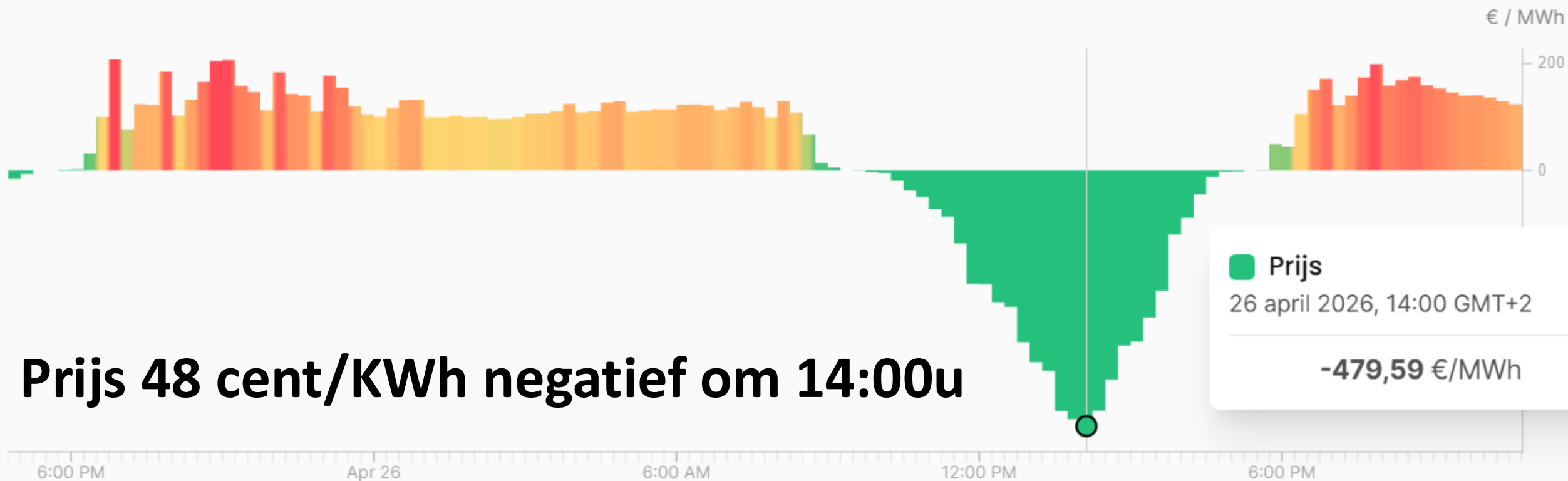




Elektriciteitsprijzen

25-26 april 2026

Zondag 26 April; Dag voor Koningsdag



Prijs 48 cent/KWh negatief om 14:00u

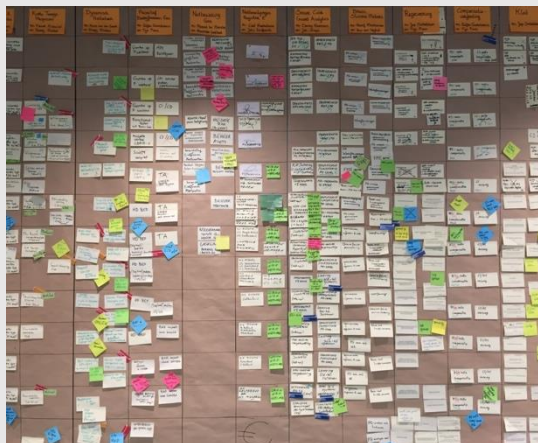




Alle distributiebedrijven verplicht LFDD toepassen

Bij te lage frequentie (<49 Hz):

- Belasting afschakelen in 6 stappen tot 45%
- Opwekvermogen ontzien (>2MW)



1. 49,0 Hz
2. 48,8 Hz
3. 48,6 Hz
4. 48,4 Hz
5. 48,2 Hz
6. 48,0 Hz

Maar meestal gaat de spanning onderuit.....





Utrecht afgeschakeld in opdracht van Gert Kreggemeijer, toenmalig directeur transport Nuon

- Ca. 10.00u: Melding BC Nuon Geert Mentink: Flevo-3 en 2 eenheden Lage Weide spontaan afgeschakeld, Spanning onder 145 kV
- TenneT had al gemeld overbelasting koppeltransformatoren en vraagt vermogen af te schakelen
- Gert Laat meteen Winterswijk en Angerlo afschakelen
- Spanning blijft echter dalen richting 135 kV
- Gert geeft opdracht richting Utrecht in Zeewolde uit te schakelen. Dodewaard valt door beveiliging mee. Provincie Utrecht op Zwart...
- Spanning herstelt snel, binnen 10 minuten Winterwijk en Angerlo weer in
- Utrecht pas 4 uur later.... Eerst alle trafo's afgeschakeld en daarna veel problemen met bijschakelen met name synchronisatie troubles ...





Vrijdag
2 September
2022

Langer dan
4 minuten

15:05:40
t/m
15:10:02



© 2022 DutchPower. Alle rechten voorbehouden.

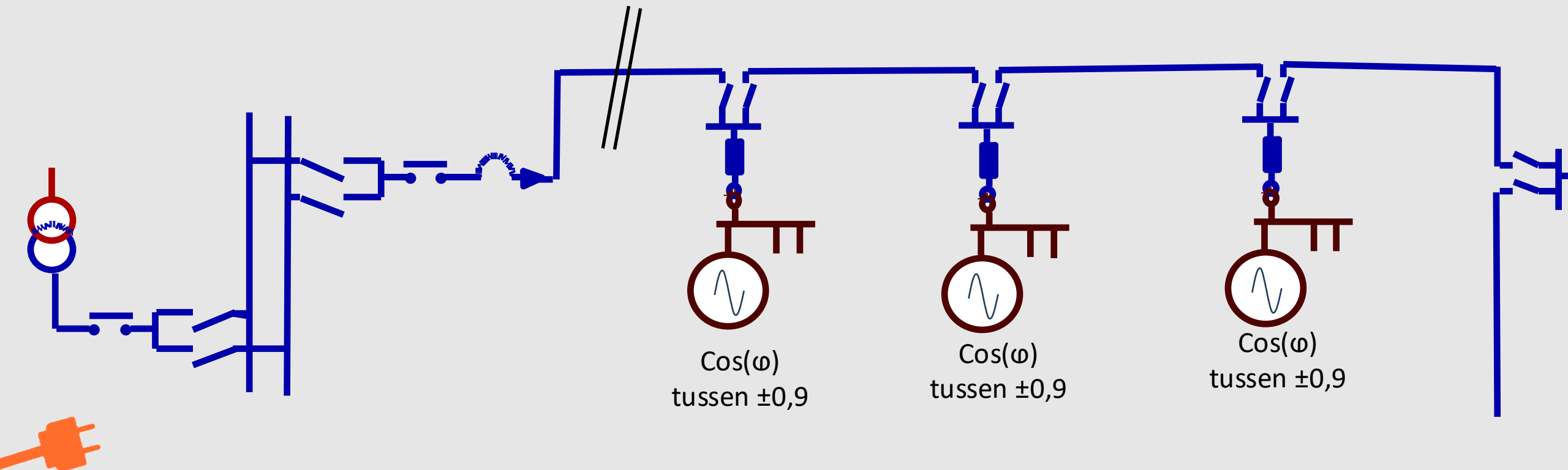


WKK tuinder helpt blindlast Autonoom (ca. 1996)



Een WKK bij tuinder tracht V op 400V te houden met:

Actieve $\text{Cos}(\varphi)$ regeling tussen 0,9 inductief en 0,9 capacitef

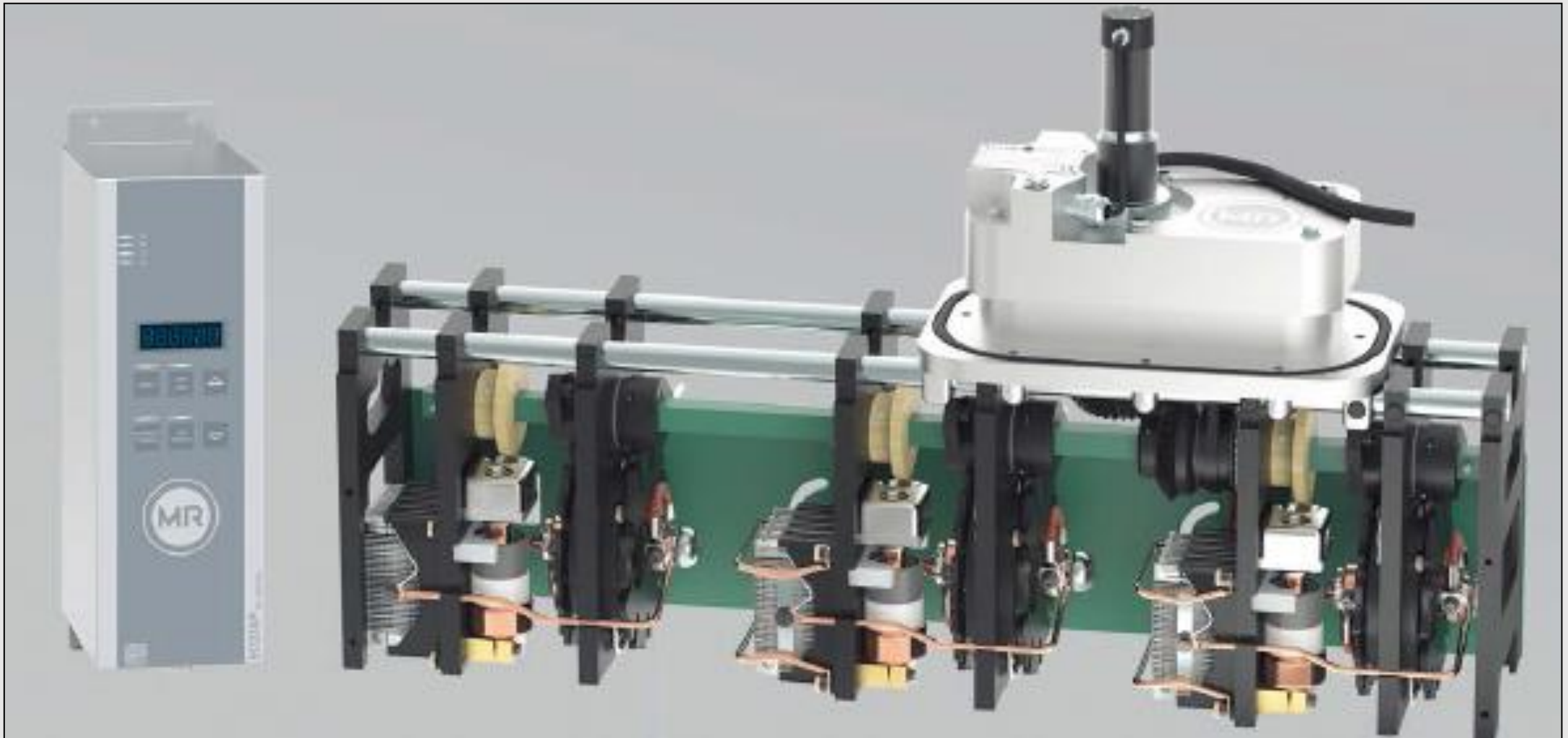




Autonoom regelbare distributie Trafo



Tracht spanning met 9 trappen op 230 V te houden





Trage versus echt snelle spanningsregeling

Transformatoren

**'grid forming'
inverters**

- **Levert artificieel inertia**
- **Levert kortsluitstroom bijdrage**





Power System Protection Centre

alllander



**SYSTEM AWARENESS, PROTECTION, AND SECURITY FOR THE FUTURE -
EXPERIENCE IN EXPLOITING LOW-INERTIA GRIDS**

Workshop

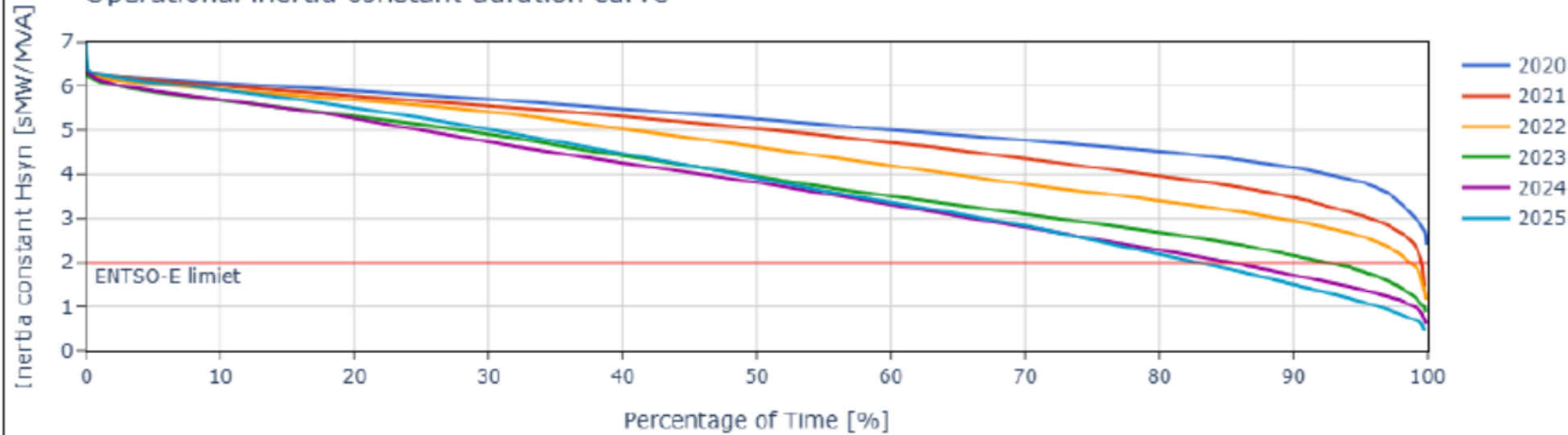
11 FEBRUARY 2026



Historical inertia for NL (Jorrit Bos TenneT)

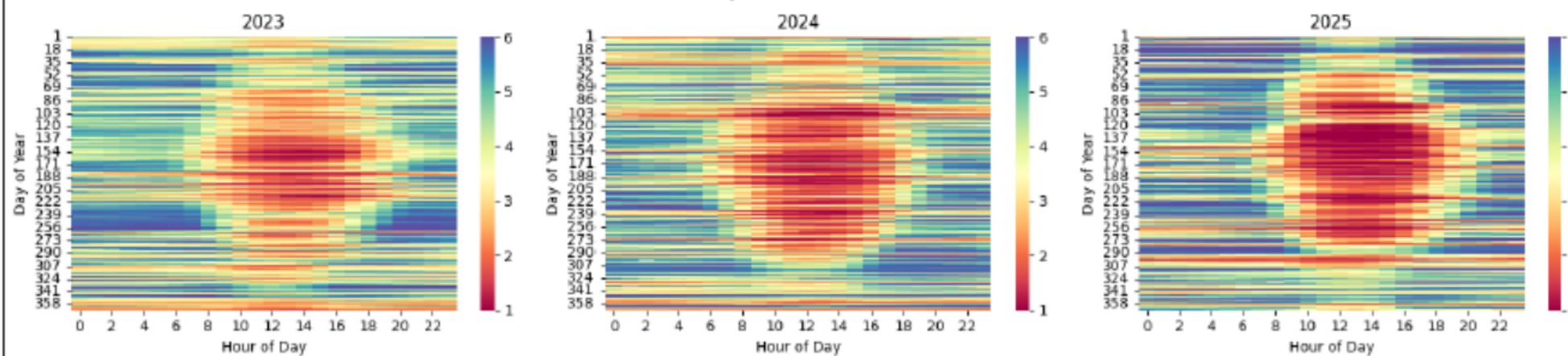


Operational inertia constant duration curve



- Inertia levels are decreasing
- Still above ENTSO-E limit of $H_{\min} \geq 2s$ limit >80% if the time

Heatmaps of Inertia Constant H_{syn} [sMW/MVA] for Different Years (per day/hour)

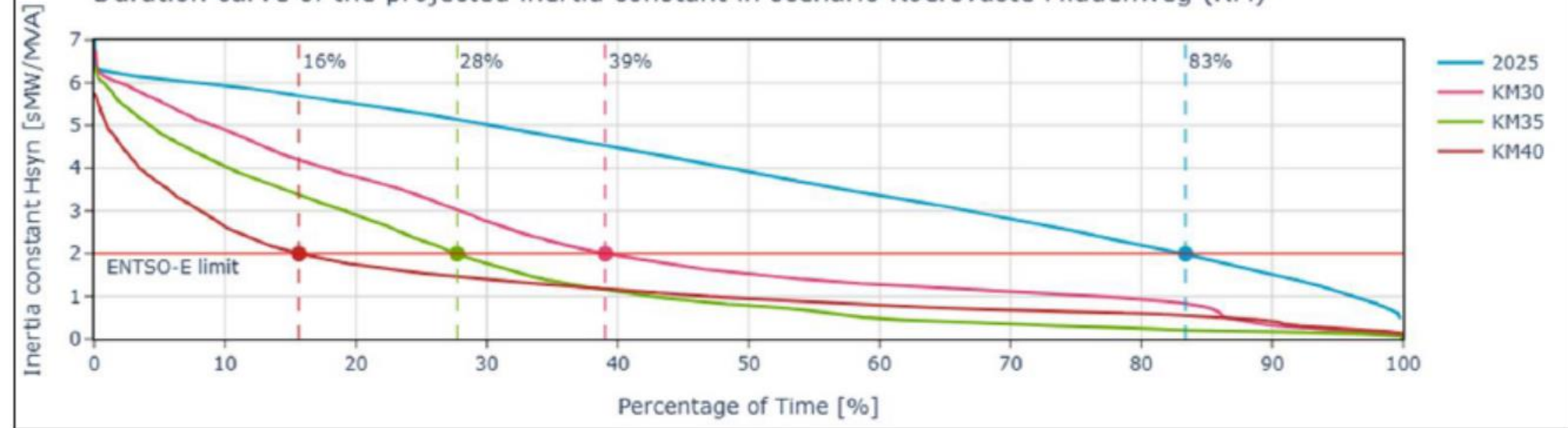


- Lowest inertia levels in summer, mid-day

Projected future inertia constant for NL (Jorrit Bos TenneT)

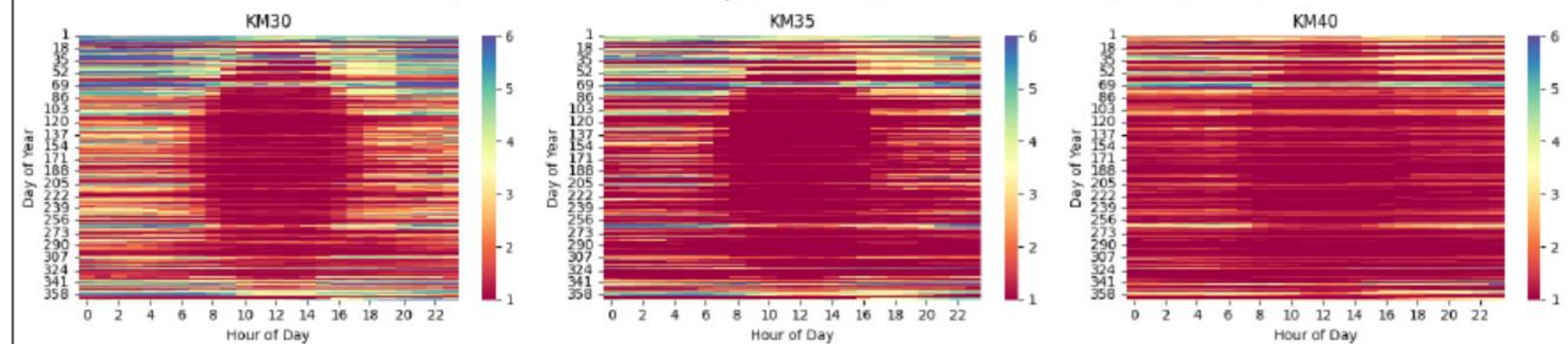


Duration curve of the projected inertia constant in scenario Koersvaste Middenweg (KM)



- Inertia levels are further decreasing
- Expected to drop below ENTSO-E limit of $H_{\min} \geq 2s$ for 50% of the time by 2030

Heatmaps of Inertia Constant H_{syn} [sMW/MVA] for Different Years (per day/hour)

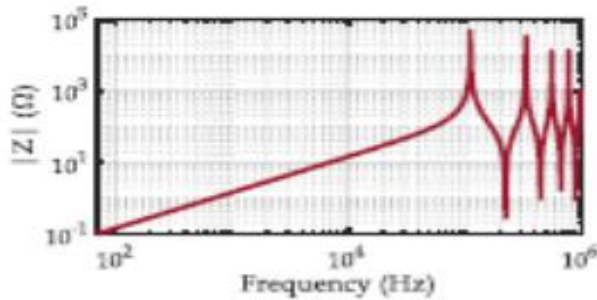


- Lowest inertia levels no longer only in summer, mid-day

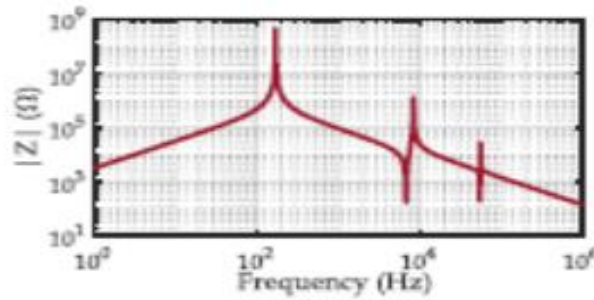


Analysis of Power System Transients Considering High-Frequency Behavior of Grounding System
PhD: Behzad Behdani

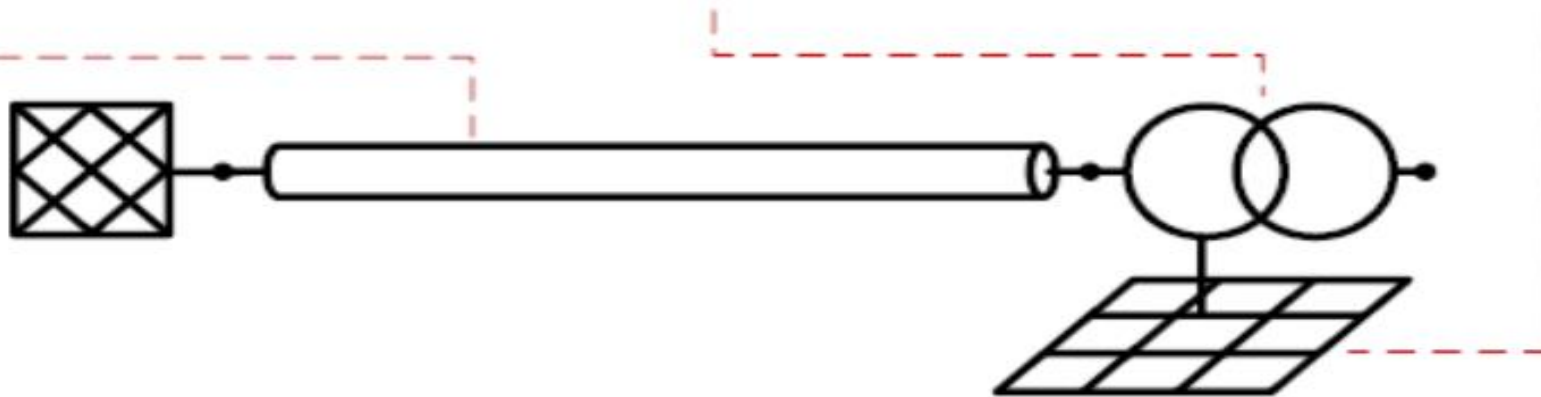
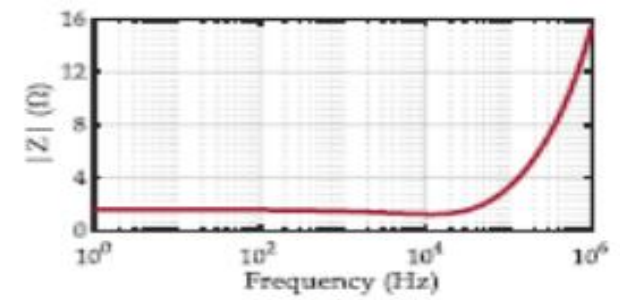
- Cable system



- Transformer



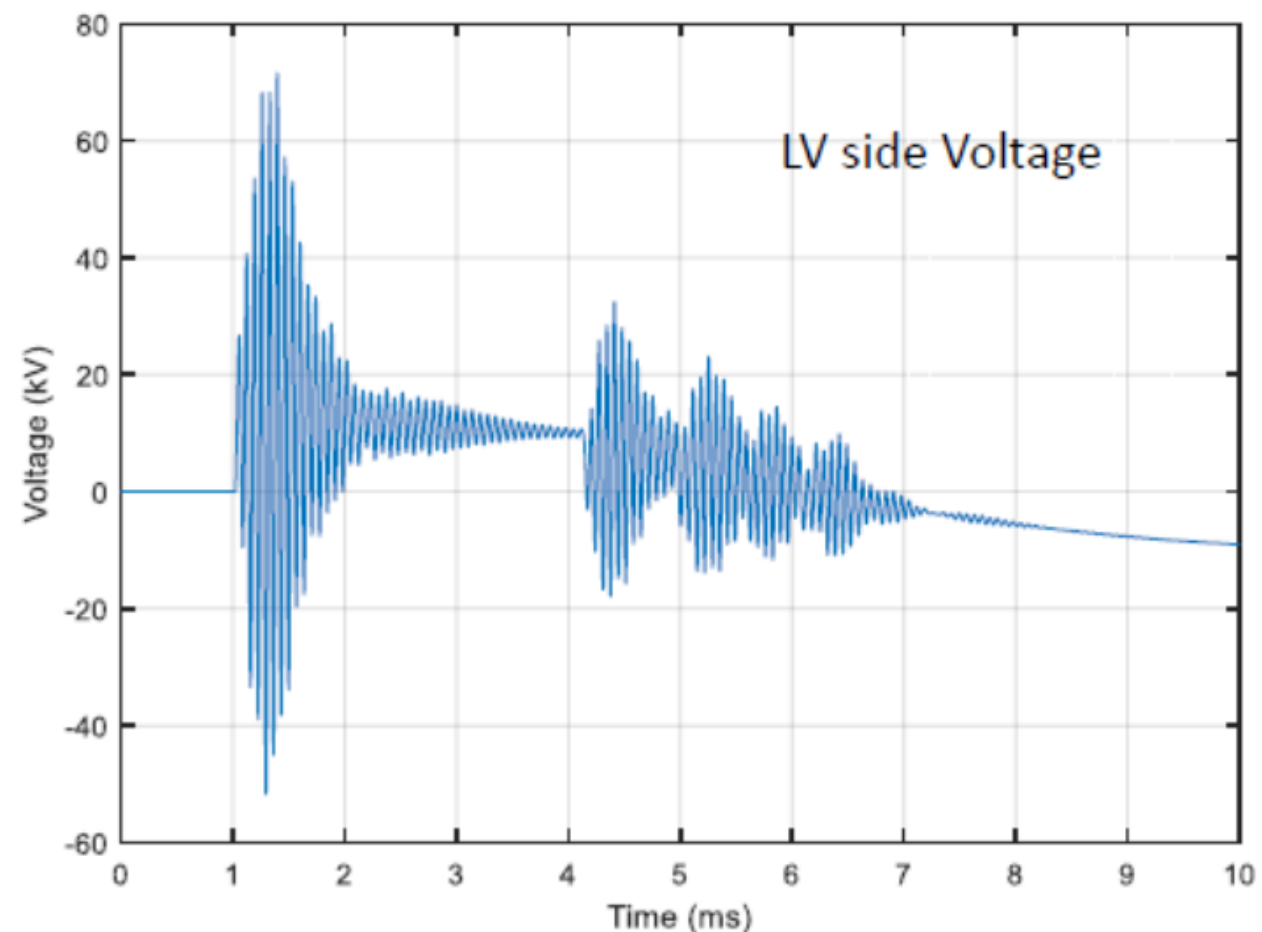
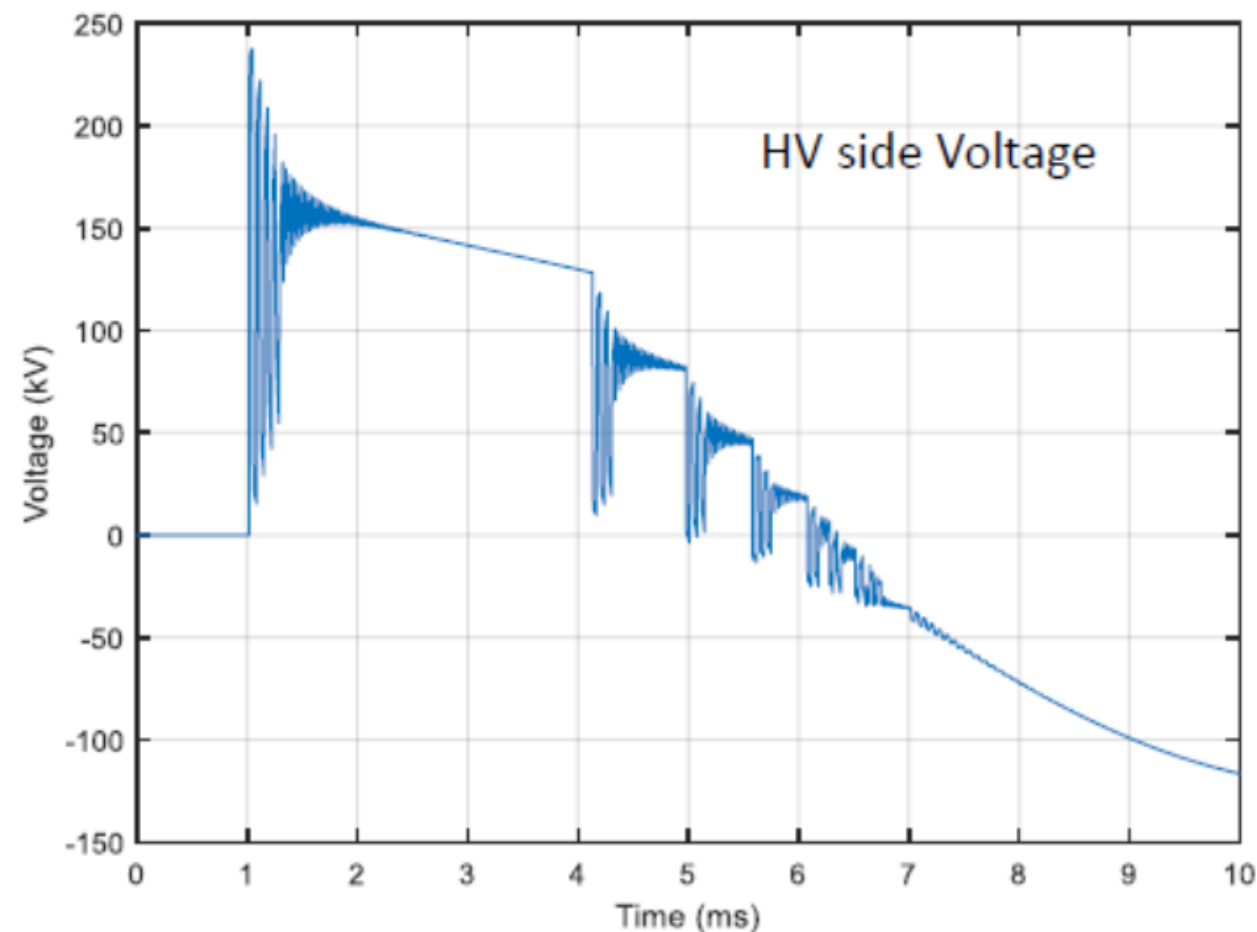
- Grounding system





PhD Candidate: Behzad Behdani
Promoter: Prof. Dr. Ir. Marjan Popov
Co-promoter: Dr. Ir. Mohamad Ghaffarian Niasar

Resonanties nacht 28/29 april 2018:
“Het fietspomp effect”



3-4 Hz oscillaties op het net

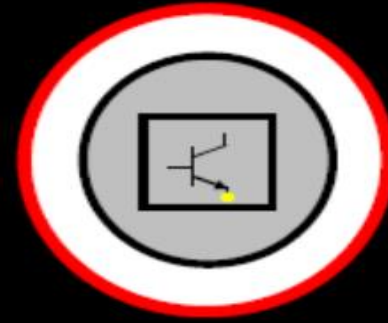
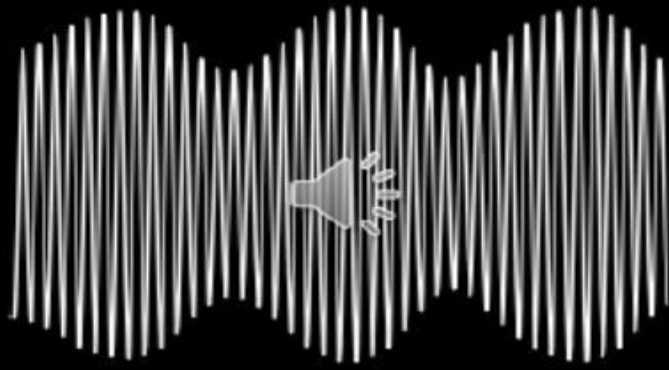
SYSTEM AWARENESS, PROTECTION, AND SECURITY FOR THE FUTURE -
EXPERIENCE IN EXPLOITING LOW-INERTIA GRIDS

Workshop

11 FEBRUARY 2026



Investigating Power Quality Trends Using Targeted Measurements in Liander's Grid



martijn.janssen@alliander.com

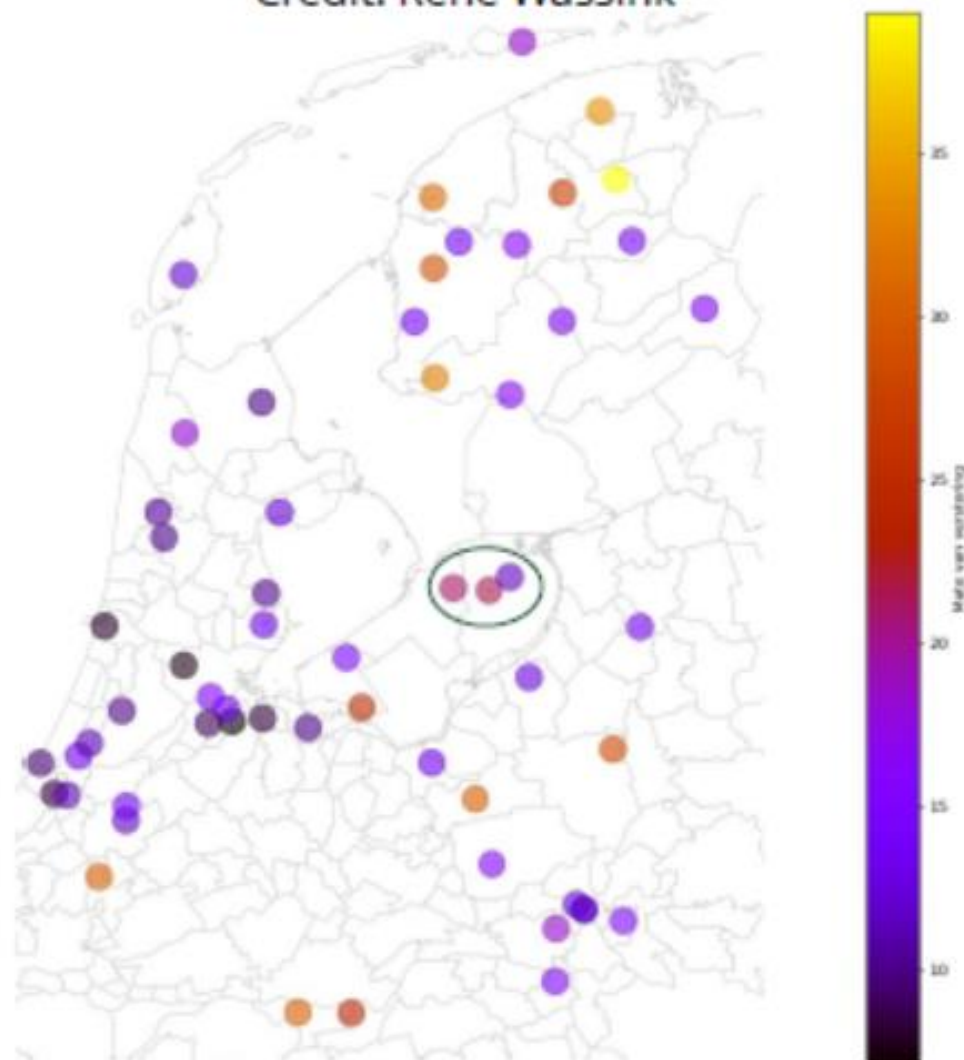


[https://www.linkedin.com/in/
/msjanssen/](https://www.linkedin.com/in/msjanssen/)

3-4 Hz Oscillaties in Alliander-net



3.5 Hz "intensity" map 3 May 2025, 14:00 CET
Credit: René Wassink



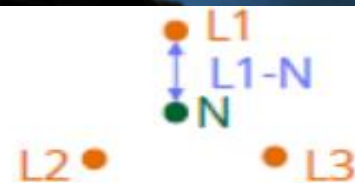
3-4 Hz Oscillaties in Alliander-net



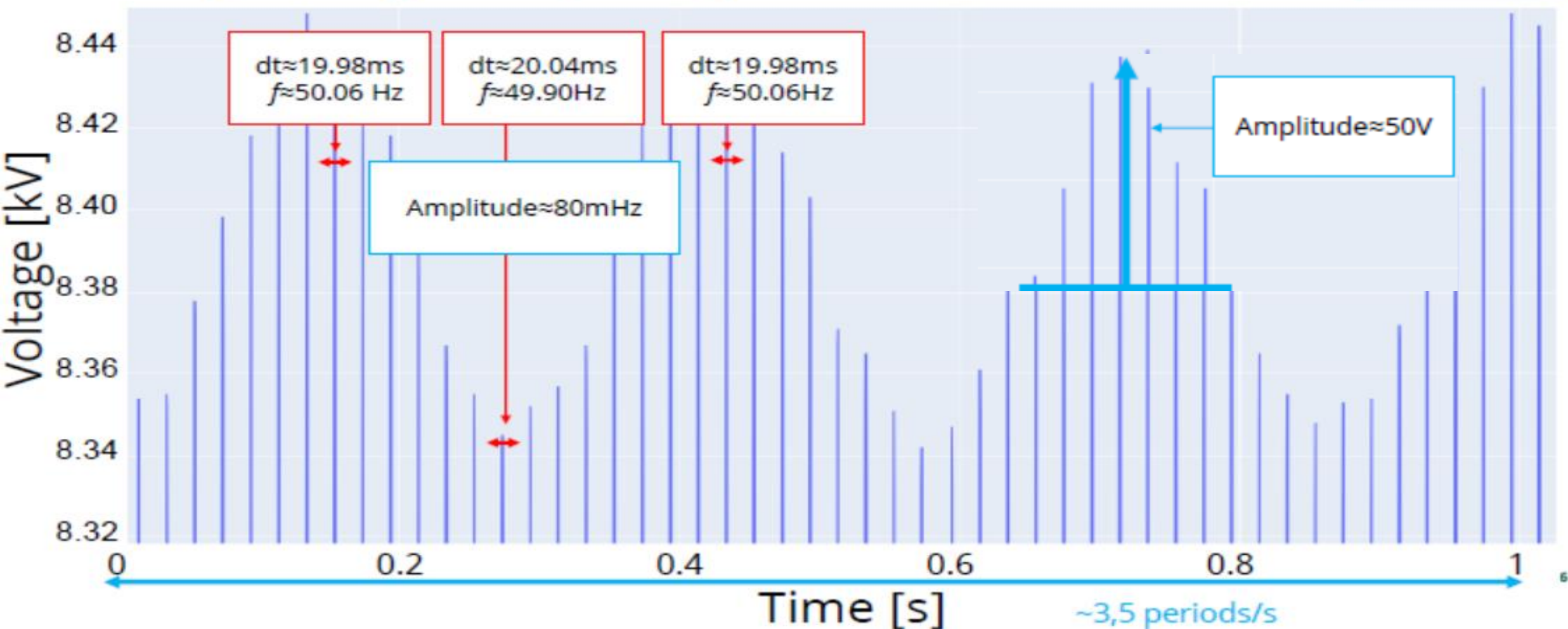
Measurement result

SASensor[®]

Measured phase voltage in 10kV-grid - 27 april 2025, 12:00 CET

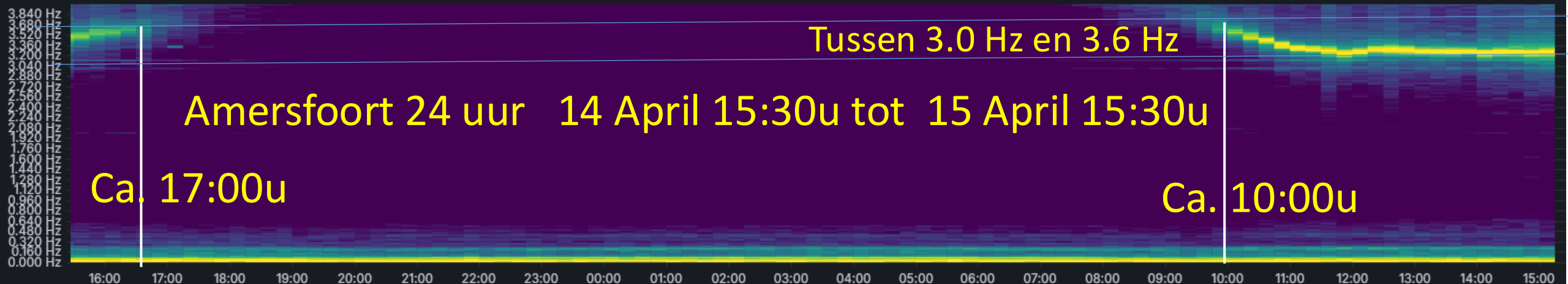


allliander





Michael Oberhofer





- Secure -



- Aanvraag groot NWO Project is gestart

SYSTEM AWARENESS, PROTECTION, AND SECURITY FOR THE FUTURE -
EXPERIENCE IN EXPLOITING LOW-INERTIA GRIDS

Minimaal 8 Jaar



11 FEBRUARY 2026

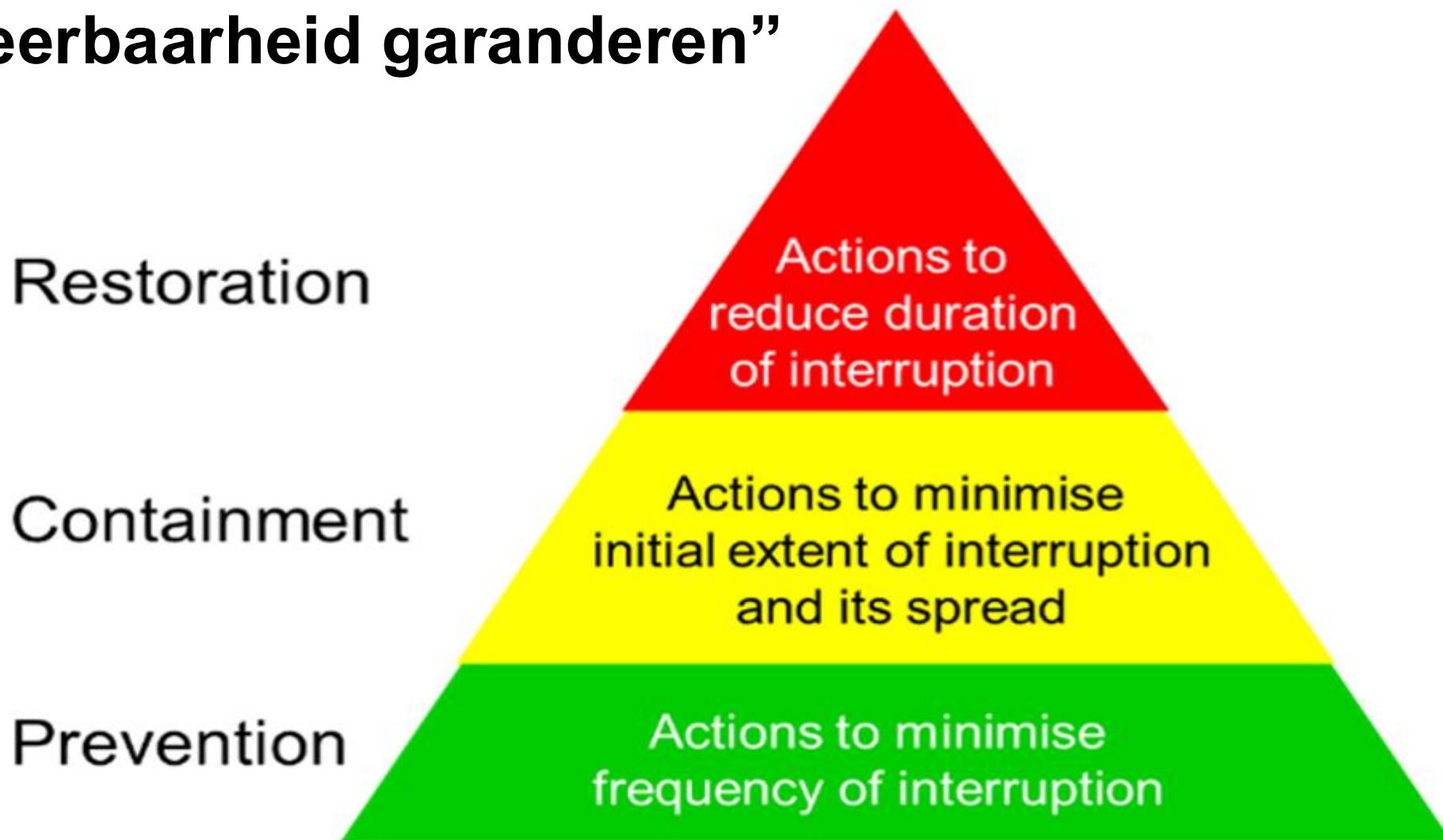
**Secure low-inertia DC-AC
power systems**

Tue TuDelft TenneT Enexis Stedin Alliander Technolution etc...





“Weerbaarheid garanderen”



**BEDANKT
VOOR UW
AANDACHT**

