



# Het èchte verhaal voorbij nominaal! Zino Kramer en Rory Leich

# ksandr

Het collectieve brein voor de instandhouding  
van het Nederlandse elektriciteitsnet.

13 september 2024

# Beter benutten net: verschuiving van het sturen op capaciteit naar het faciliteren van flexibiliteit

## Netcongestie en transportschaarste

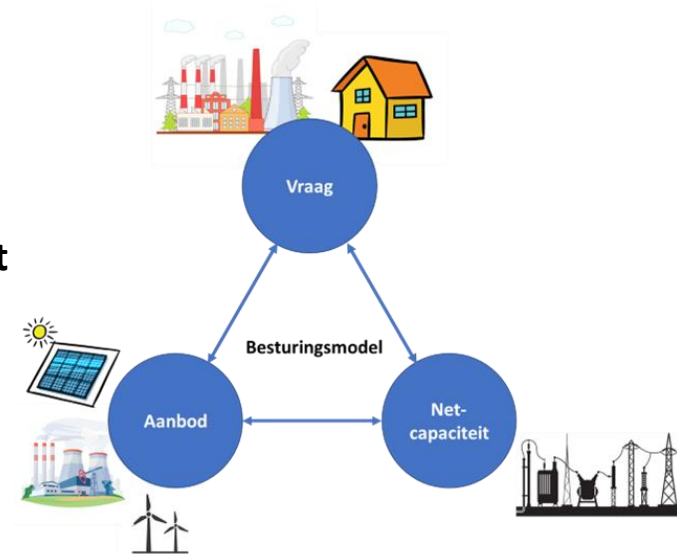
- Korte termijn → Beter Benutten Net.
- Middellange en lange termijn → Bouwen, bouwen én nog eens bouwen (koperen plaat principe).

## Terug naar business as usual?

- Prognose 2050; uitbreiding 3 tot 4 keer huidige netcapaciteit.
- Schaarste openbare ruimte, technici, grondstoffen en tijd!
- Maatschappelijk verantwoord?

## Systeemoptimalisatie; balancering vraag, aanbod én netcapaciteit (het nieuwe normaal?)

- Netontwerp
- Netstructuur
- Dynamische bedrijfsvoering (real-time SO)



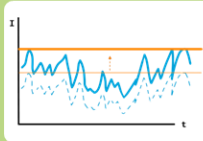


## 0. Nominale belastbaarheid



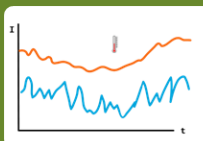
## 1. Statische belastbaarheid

- De continue belastbaarheid gebaseerd op een constante belasting en specifieke langdurige omgevingscondities.
- Kritische assets enkele statische limieten per jaar; bv zomer- en winterbelastbaarheid.



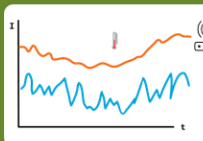
## 2. Cyclische belastbaarheid

- De maximale belastbaarheid, verkregen door schaling van een periodiek belastingprofiel dat representatief of conservatief is voor de toekomst.
- Generieke of specifieke omgevingscondities kunnen worden gebruikt, die optioneel variëren in de tijd.



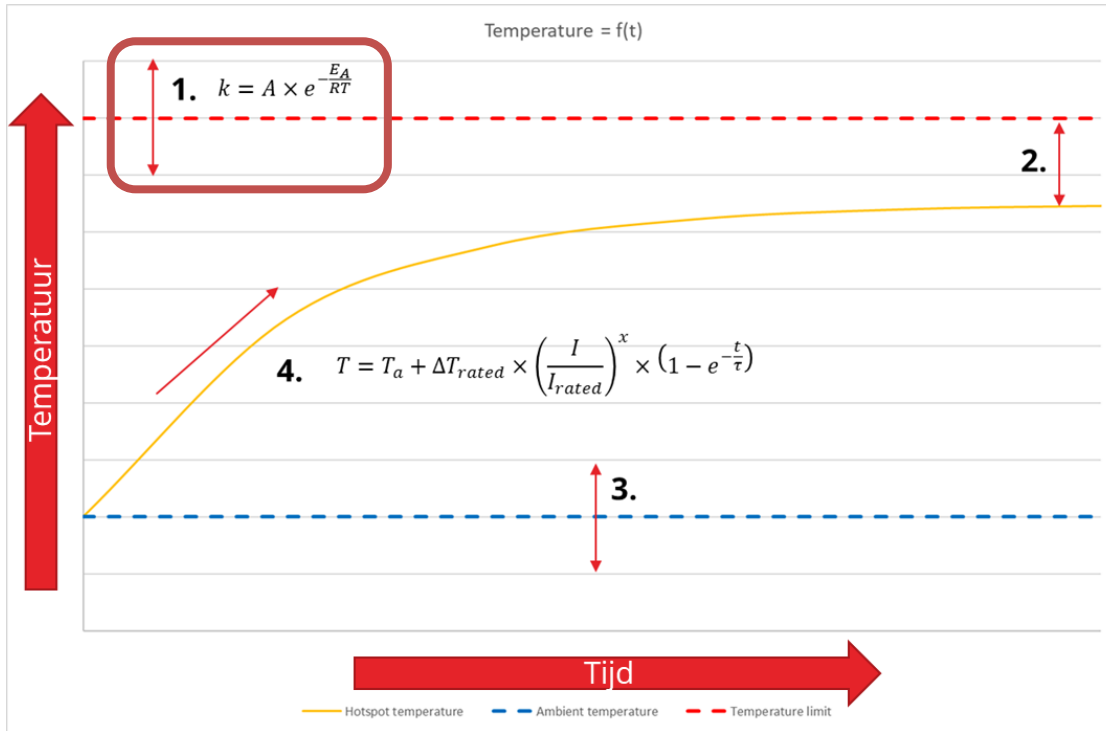
## 3. Dynamische belastbaarheid

- De real-time toegelaten maximale belastbaarheid gebaseerd op een voorspeld belastingprofiel en actuele omgevingscondities in intraday of day ahead tijdsvensters.
  - Berekend op basis van alleen een gevalideerd model.

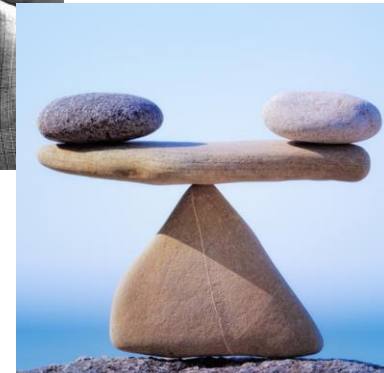


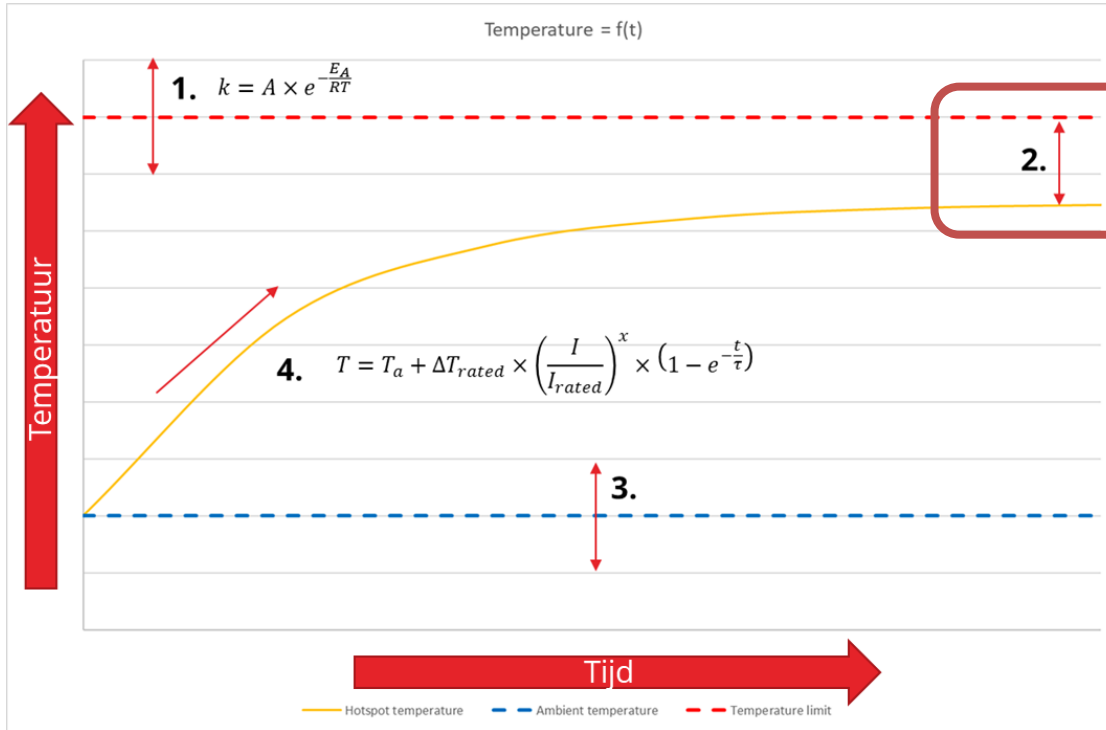
## 4. Maatwerk dynamische belastbaarheid

- De real-time toegelaten maximale belastbaarheid gebaseerd op een voorspeld belastingprofiel en actuele omgevingscondities in intraday of day ahead tijdsvensters.
  - Berekend op basis van een gevalideerd model in combinatie met temperatuurmonitoring.



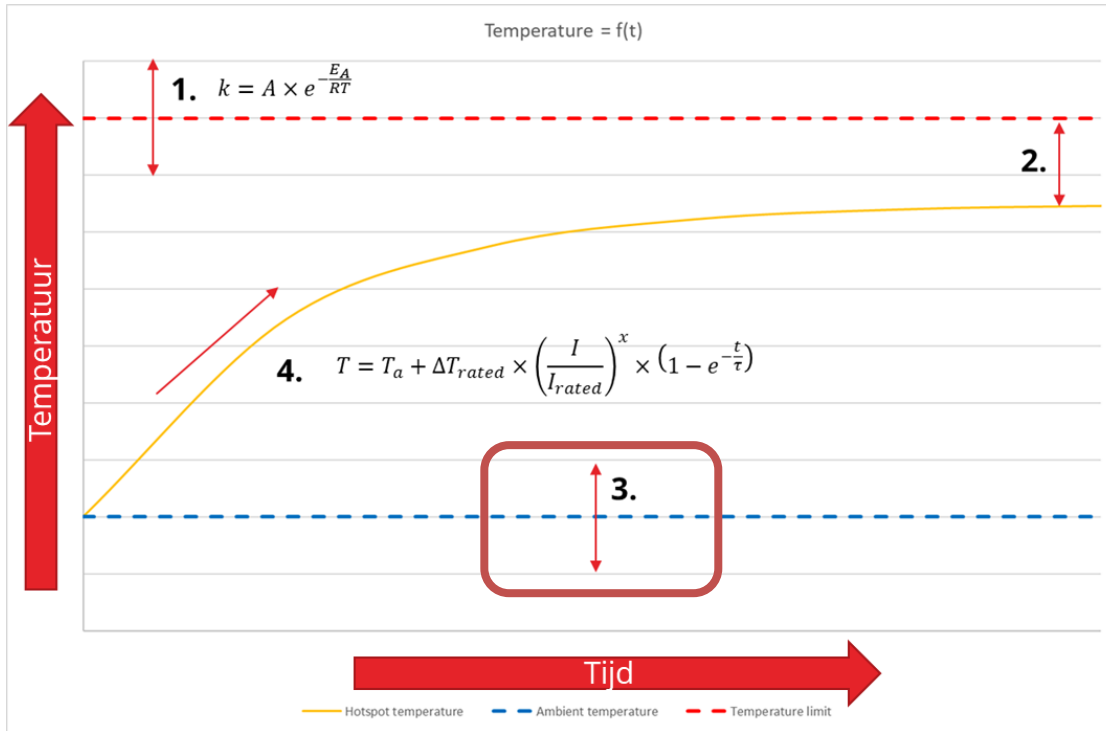
1. **Temperatuurlimiet;** beheersen/balanceren van veroudering



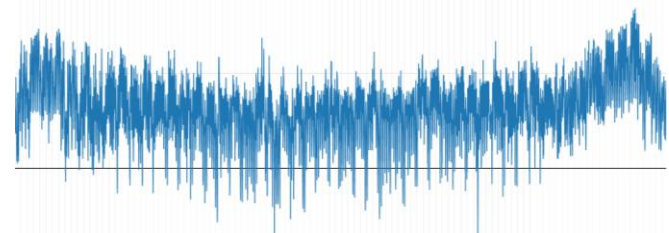


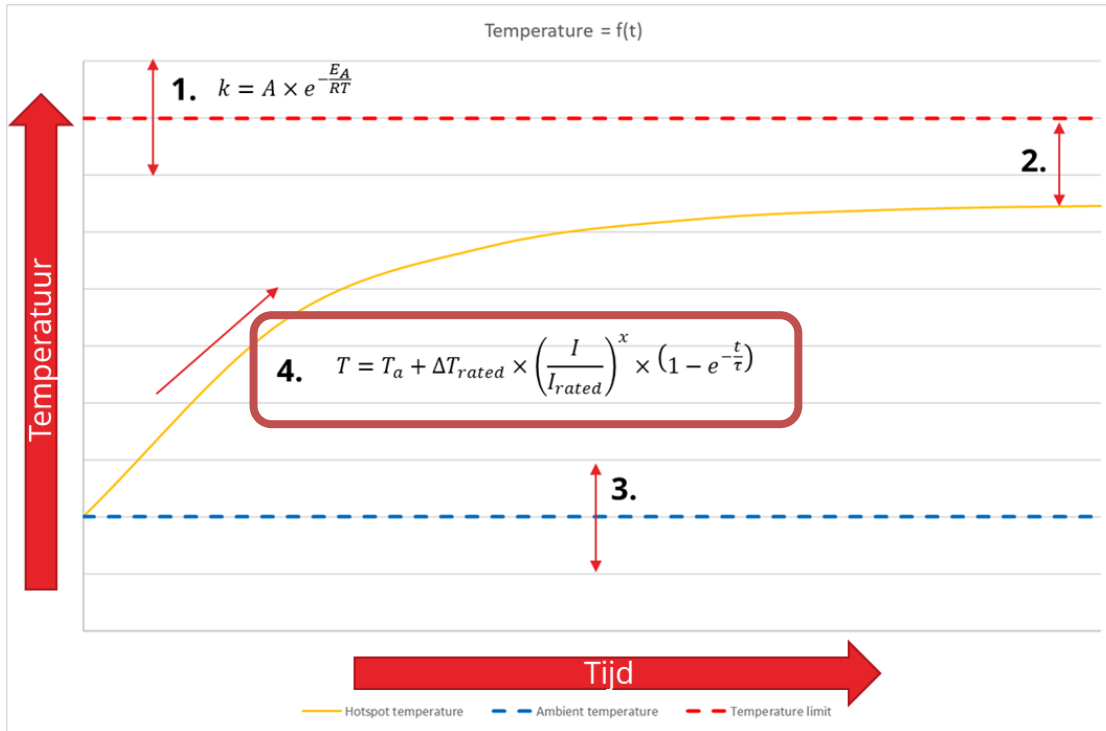
2. Marge in ontwerp/fabricage t.a.v. maximale temperatuurstijging;  
volgt uit typetest





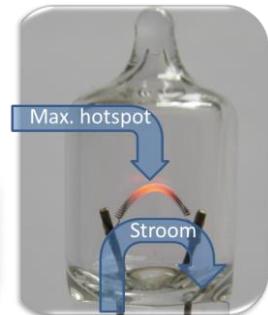
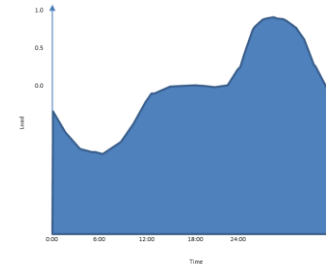
3. **Omgevingstemperatuur;**  
in de praktijk veelal betere  
omgevingscondities (dag/nacht- en  
seizoensritme)





## 4. Dynamisch gedrag;

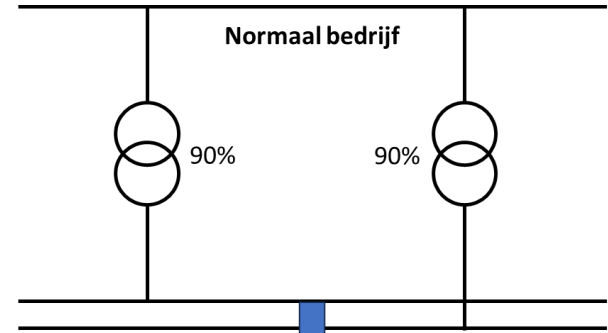
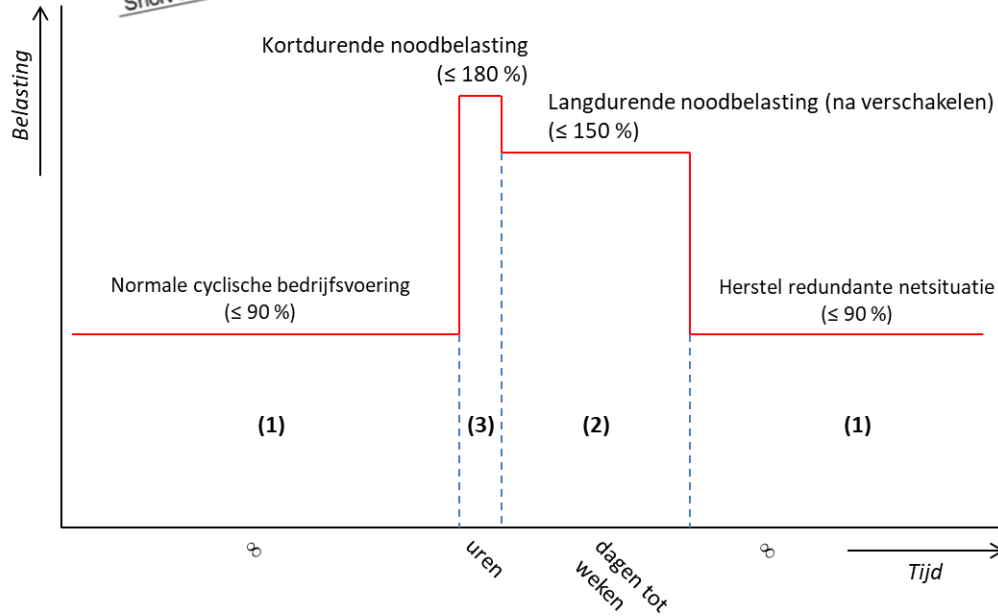
- a) Belastingafhankelijkheid opwarming (exponent)
- b) Tijdsafhankelijkheid opwarming (tijdsconstante)



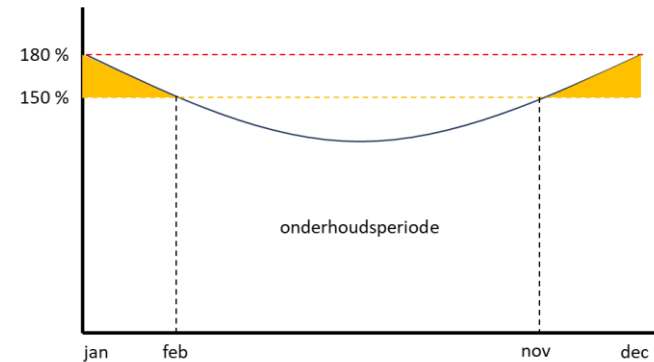
# ... en bedrijfsvoering!

IEC60076-7 limits for medium power transformers

Loading	Top-oil	Hot-spot	Current
Normal cyclic	105 ° C	120 ° C	150%
Long-time emergency	115 ° C	140 ° C	150%
Short-time emergency	115 ° C	160 ° C	180%

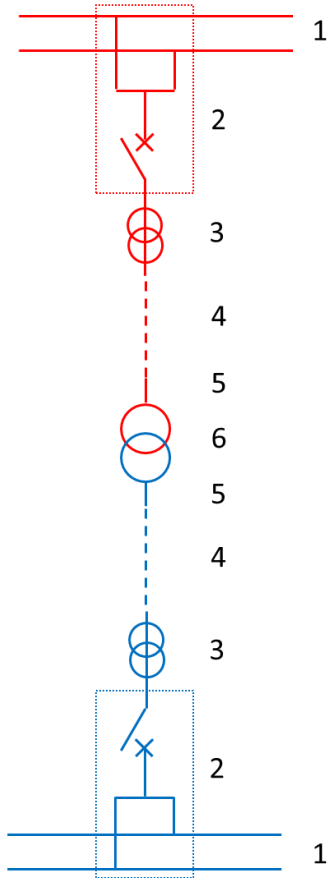


180%  
(≥ 30% verschakelbaar vermogen in onderliggend net)



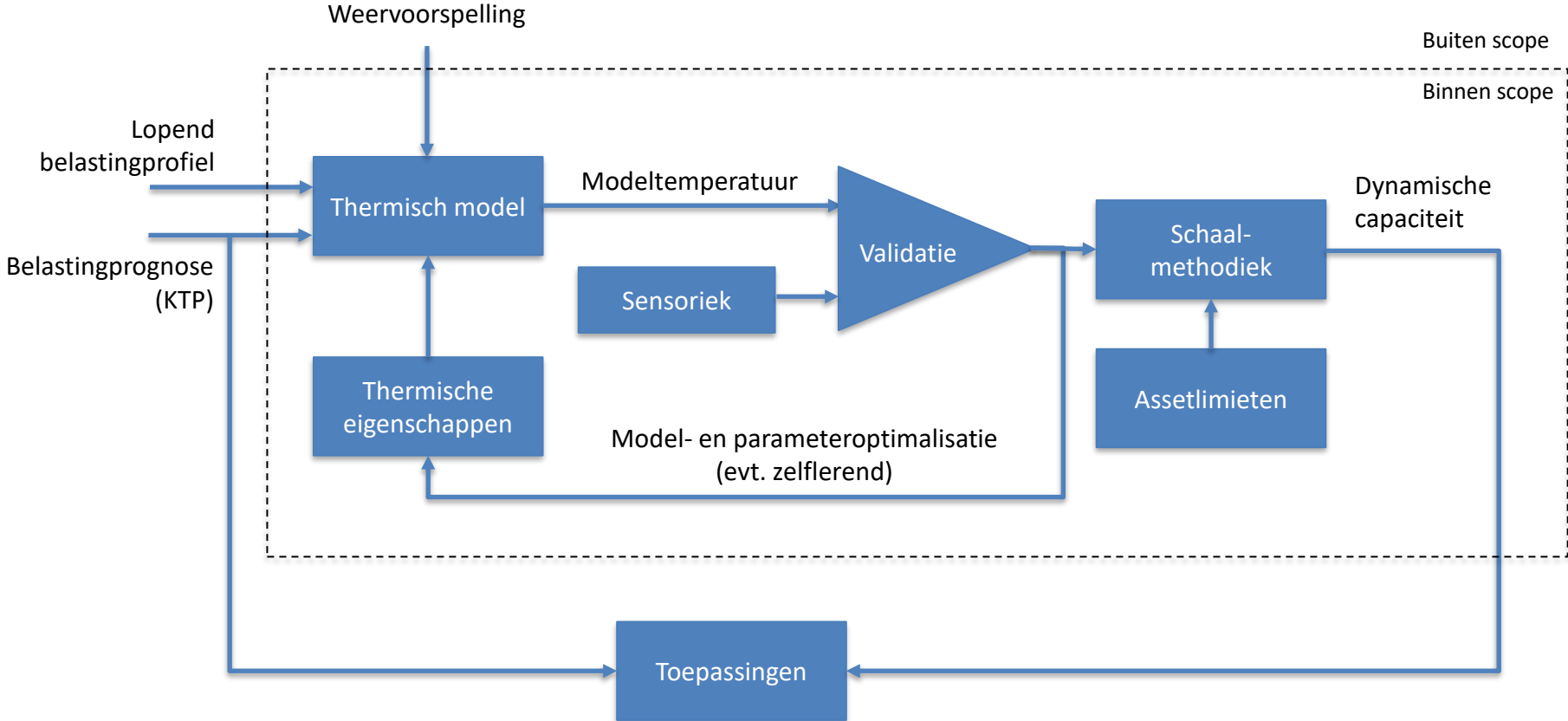



Voor elk stroomvoerend component in de keten is (thermische) modellering en/of –validatiemeting reeds beschikbaar of in ontwikkeling



1. Railsysteem
2. Schakelinstallaties
3. Stroomtransformatoren
4. Verbindingen
  - a) Kabelverbinding
  - b) Busbar, buisrail, railkoper, lijnverbinding
5. Connectoren, litzen
6. Transformatoren





The image shows two technicians in high-visibility yellow and grey safety vests and white hard hats. They are focused on a complex electrical control panel. The panel is filled with various components, including a digital display showing a blue screen, several green terminal blocks, and numerous wires. The technician on the left is using a pair of pliers to work on a component. The technician on the right is looking on, with his hand near his chin in a thoughtful pose. The background shows a brick building and some outdoor equipment.

Meten = weten  
Maar kunnen we ook **zonder te meten**  
de temperatuur weten?

Maar kunnen we ook zonder te meten de temperatuur weten?

A photograph of two men in a control room. They are wearing white hard hats and high-visibility yellow safety vests over dark clothing. They are looking towards a large array of grey industrial control panels or machinery. The room has brick walls and overhead fluorescent lighting. Three green callout boxes with white text and downward-pointing arrows are overlaid on the left side of the image.

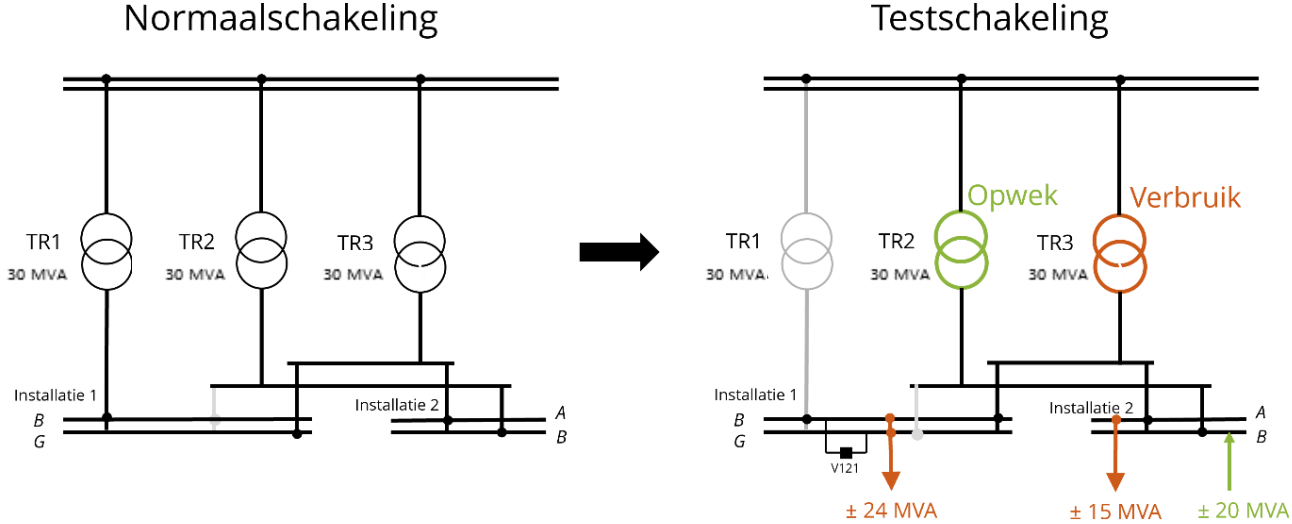
Hoge belasting over  
componenten

Temperatuursensoren

Data analyse



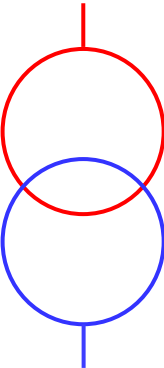
# The proof of the pudding is in the eating...



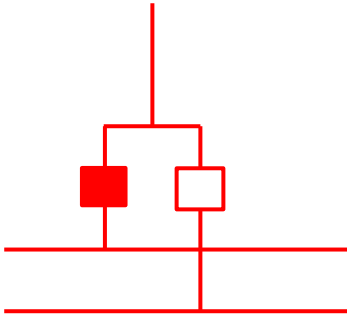
Kabel



Transformator



Schakelinstallatie





Component	Percentage [%]
52,5 kV stroomtrans	
52,5 kV stroomtrans	
52,5 kV kabelverbin	
52,5 kV stroomtran	
52,5/10,5 kV vermog	

Sensoren geplaatst op, om & in de componenten!

# Sensoren op, om & in de componenten

Online sensoriek geïnstalleerd en ontsloten

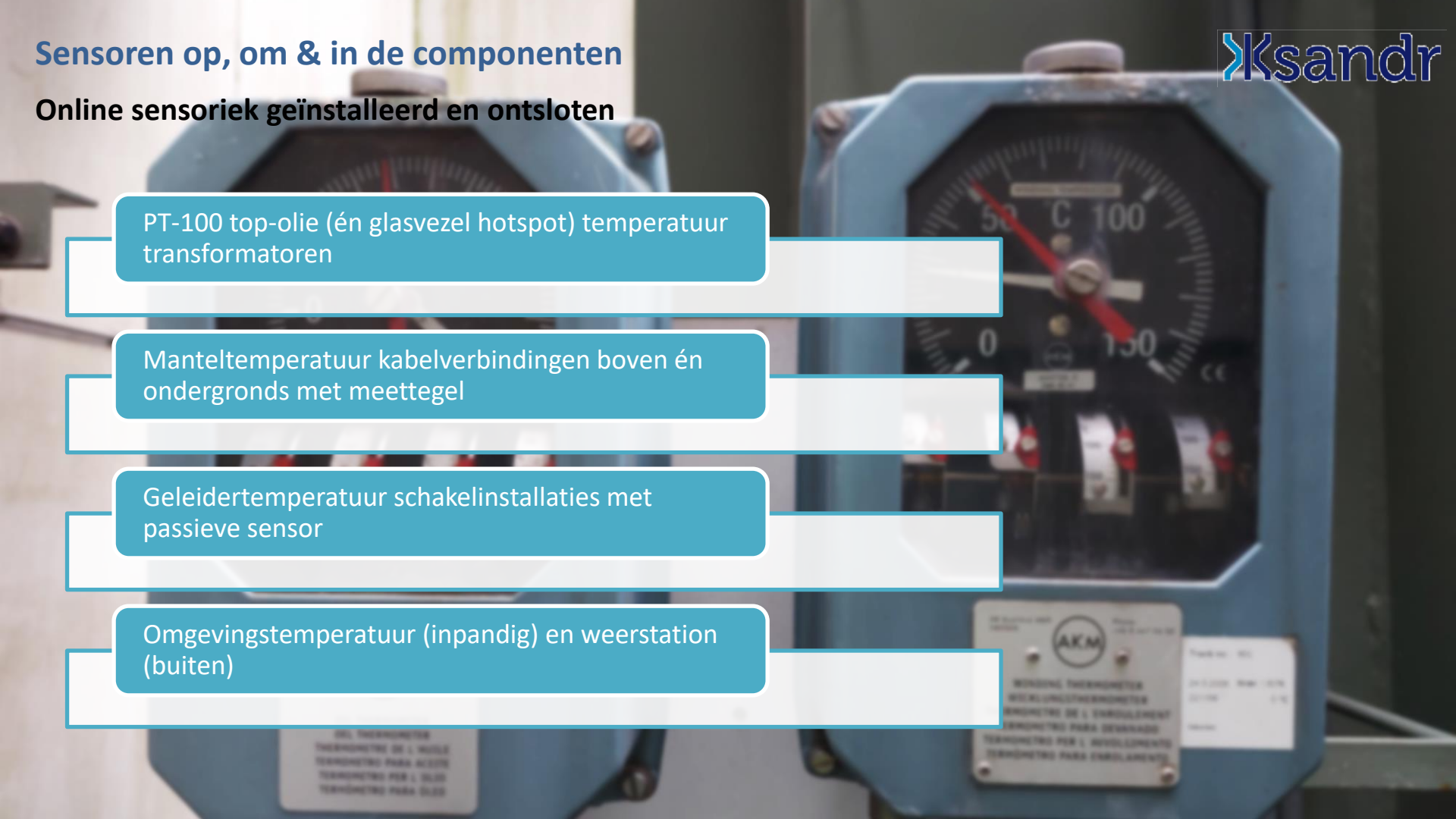


PT-100 top-olie (én glasvezel hotspot) temperatuur transformatoren

Manteltemperatuur kabelverbindingen boven én ondergronds met meetegel

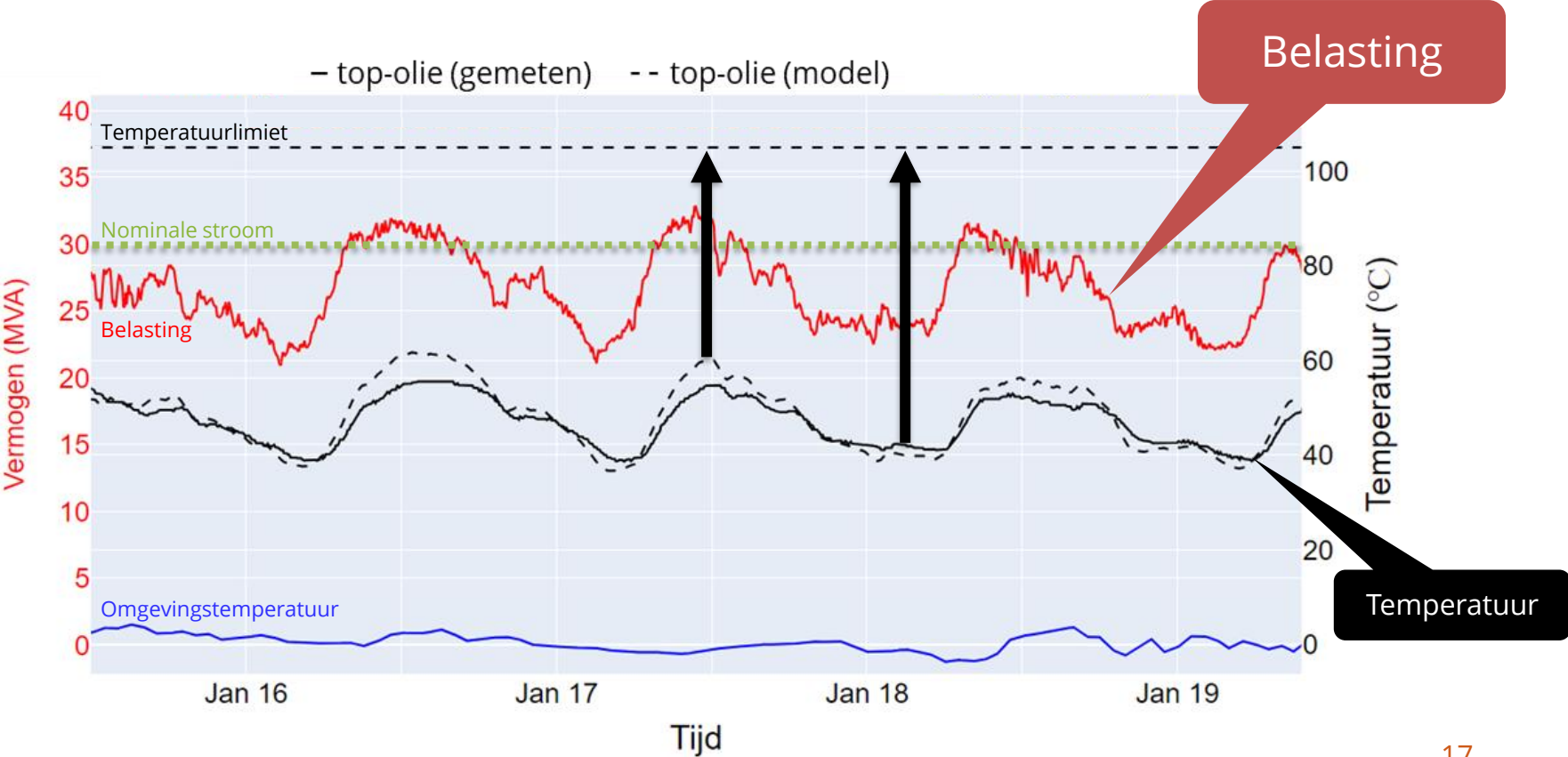
Geleidertemperatuur schakelinstallaties met passieve sensor

Omgevingstemperatuur (in pandig) en weerstation (buiten)

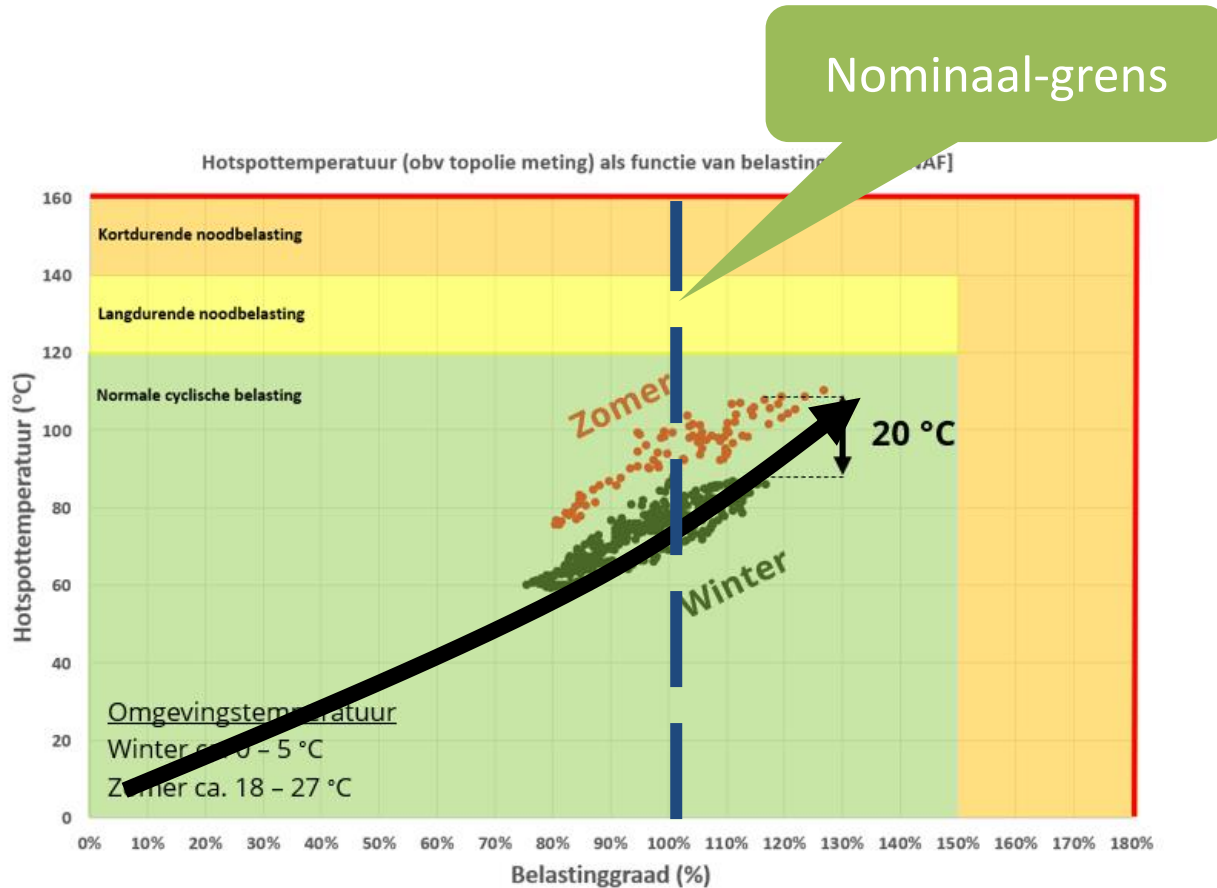




# Thermisch geen probleem, ondanks hoge belasting



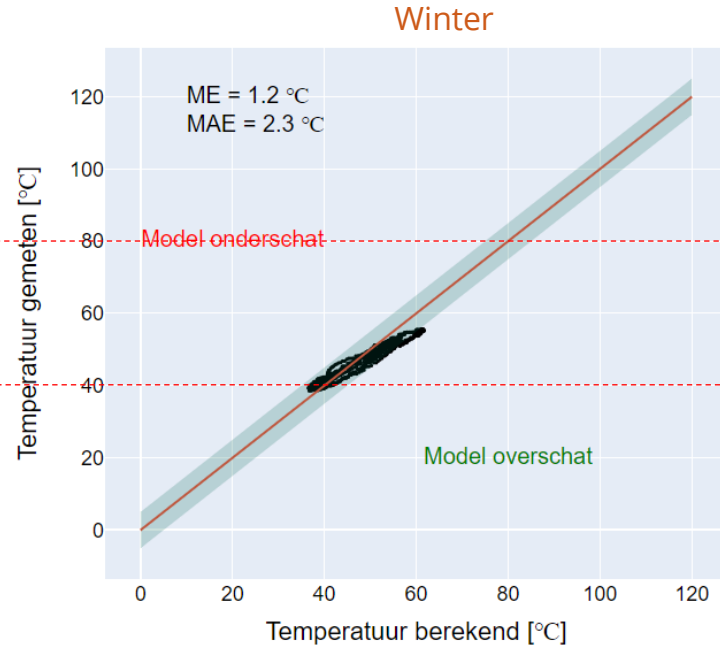
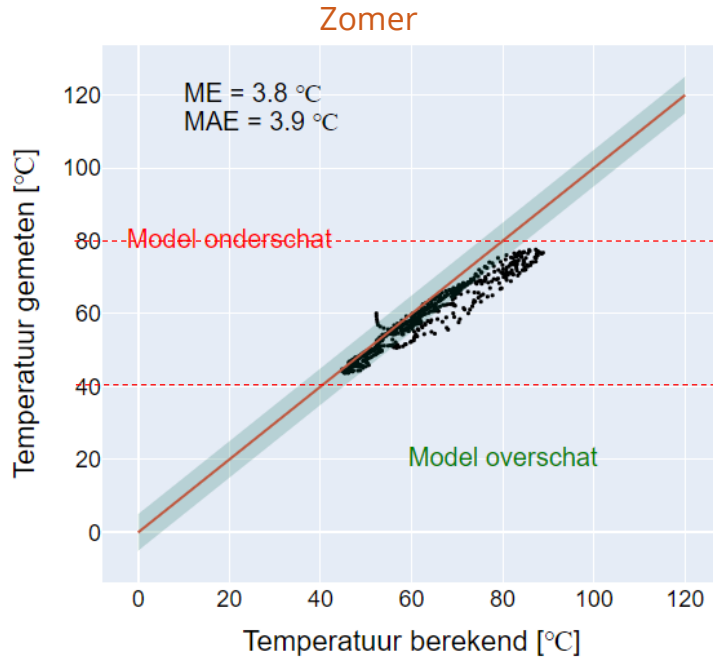
# Resultaten hotspottemperatuur vermogenstransformator



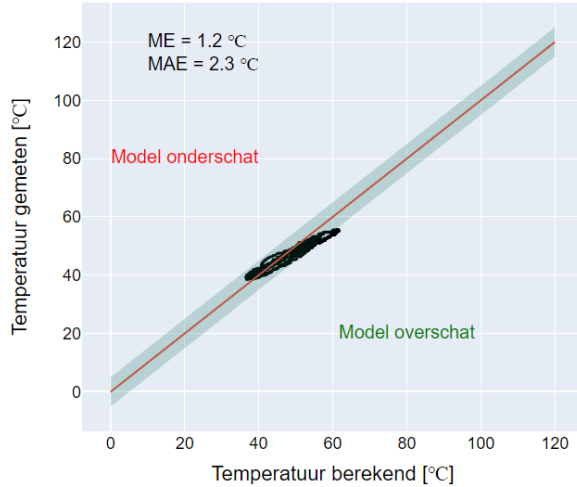
# Modelprestaties vermogenstranstormator: ONAF-test

## Geforceerde ventilatie

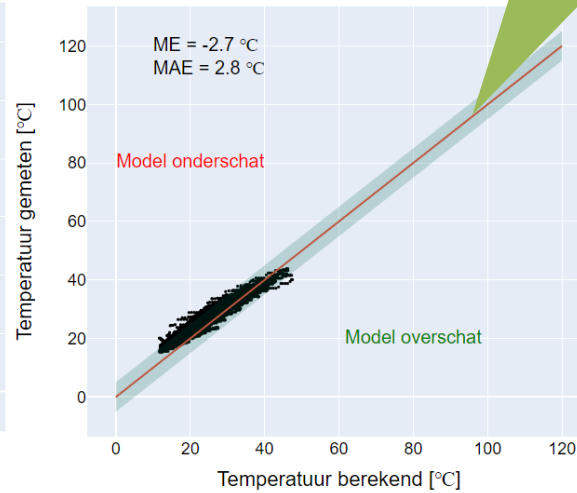
Het model overschat de temperatuur (veilig!)



## Transformator

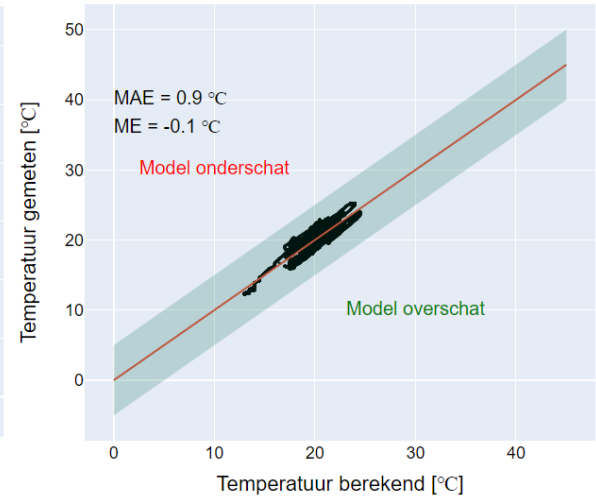


## Schakelinstallatie



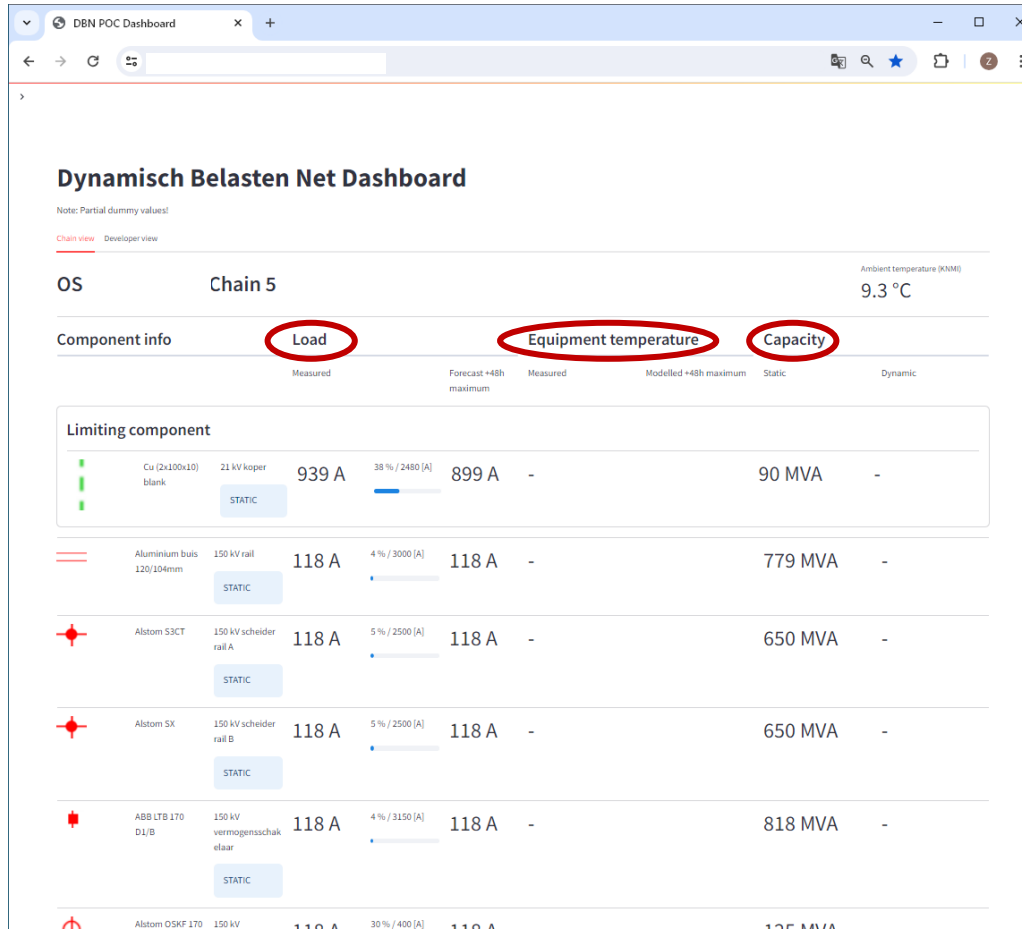
Check of het model overeenkomt met de metingen

## Kabel



# Dashboard

# Dashboard














**Dynamisch Belasten Net Dashboard**

Note: Partial dummy values!

Chain view Developer view

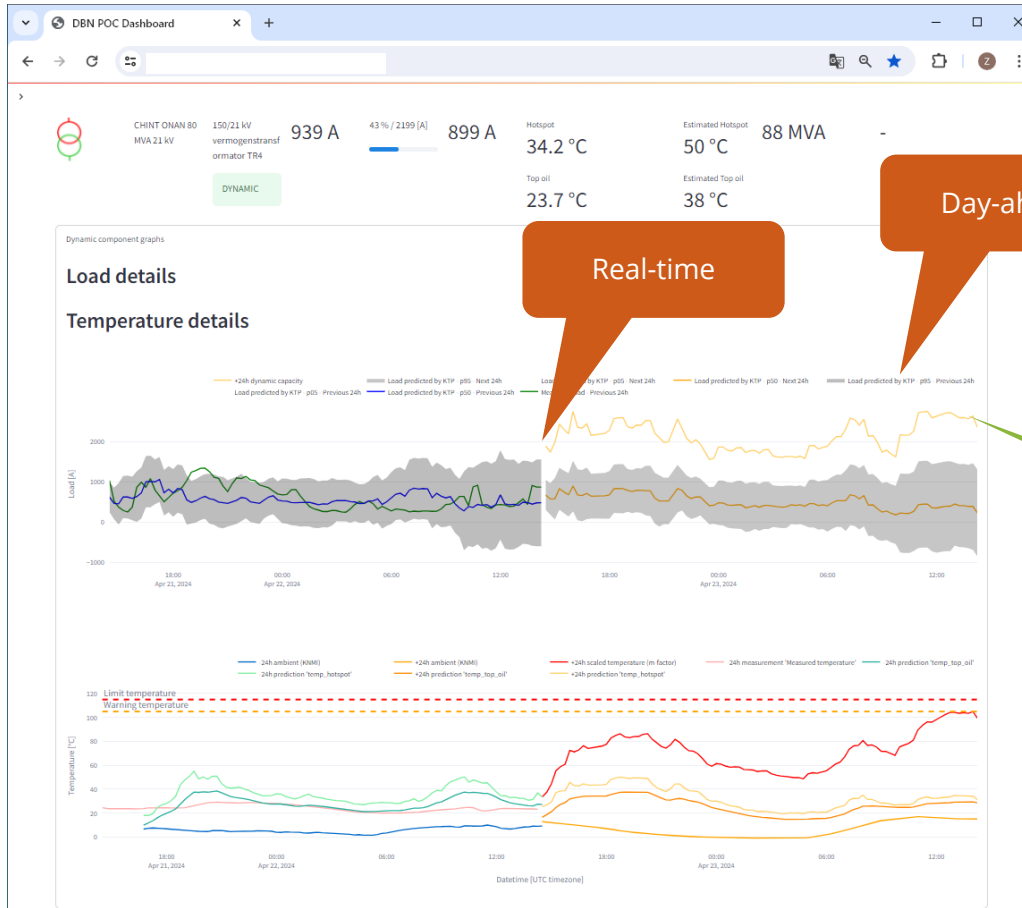
OS Chain 5 Ambient temperature (KMM) 9.3 °C

Component info	Load	Equipment temperature	Capacity				
	Measured	Forecast +48h maximum	Measured	Modelled +48h maximum	Static	Dynamic	
<b>Limiting component</b>							
 Cu (2x100x10) blank	21 kW koper	939 A	38 % / 2480 [A]	899 A	-	90 MVA	-
	STATIC						
 Aluminium buis 120/104mm	150 kV rail	118 A	4 % / 3000 [A]	118 A	-	779 MVA	-
	STATIC						
 Alstom S3CT	150 kV scheider rail A	118 A	5 % / 2500 [A]	118 A	-	650 MVA	-
	STATIC						
 Alstom SX	150 kV scheider rail B	118 A	5 % / 2500 [A]	118 A	-	650 MVA	-
	STATIC						
 ABB LTB 170 D1/B	150 kV vermogensschakelaar	118 A	4 % / 3150 [A]	118 A	-	818 MVA	-
	STATIC						
 Alstom OSKF 170	150 kV	118 A	30 % / 400 [A]	118 A	-	125 MVA	-

# DBN Dashboard

## Transformator

alllander

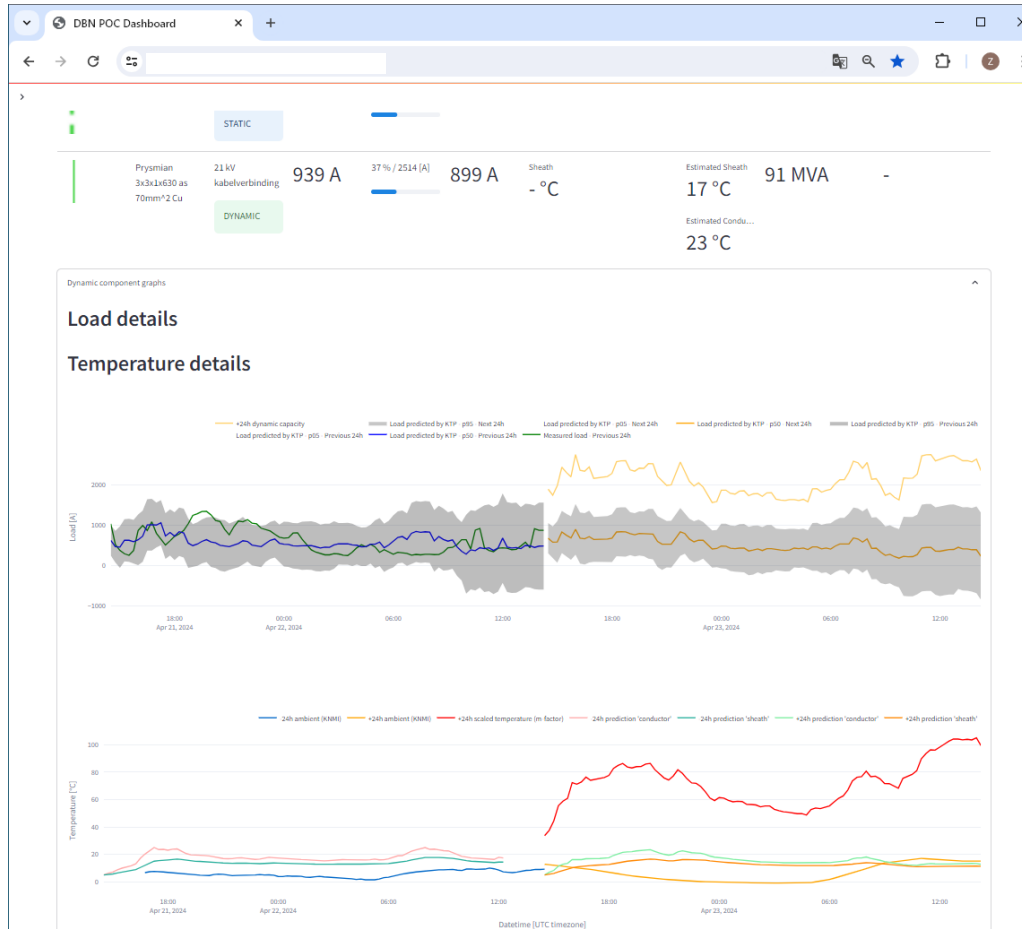




# DBN Dashboard

## Kabel

alllander





## SVBM

- Weinig impact

## Veroudering

- 0,43 dag/dag < norm

## Overige opmerkingen

- Thermografie → Geen bijzonderheden
- Oliemonster → Geen trendbreuk
- Oliedruk 50kV kabel → Geen bijzonderheden
- Kabelopvoer in trafocel kan beperkend worden

1. Thermisch tot 150% stroom

2. Vrije capaciteit

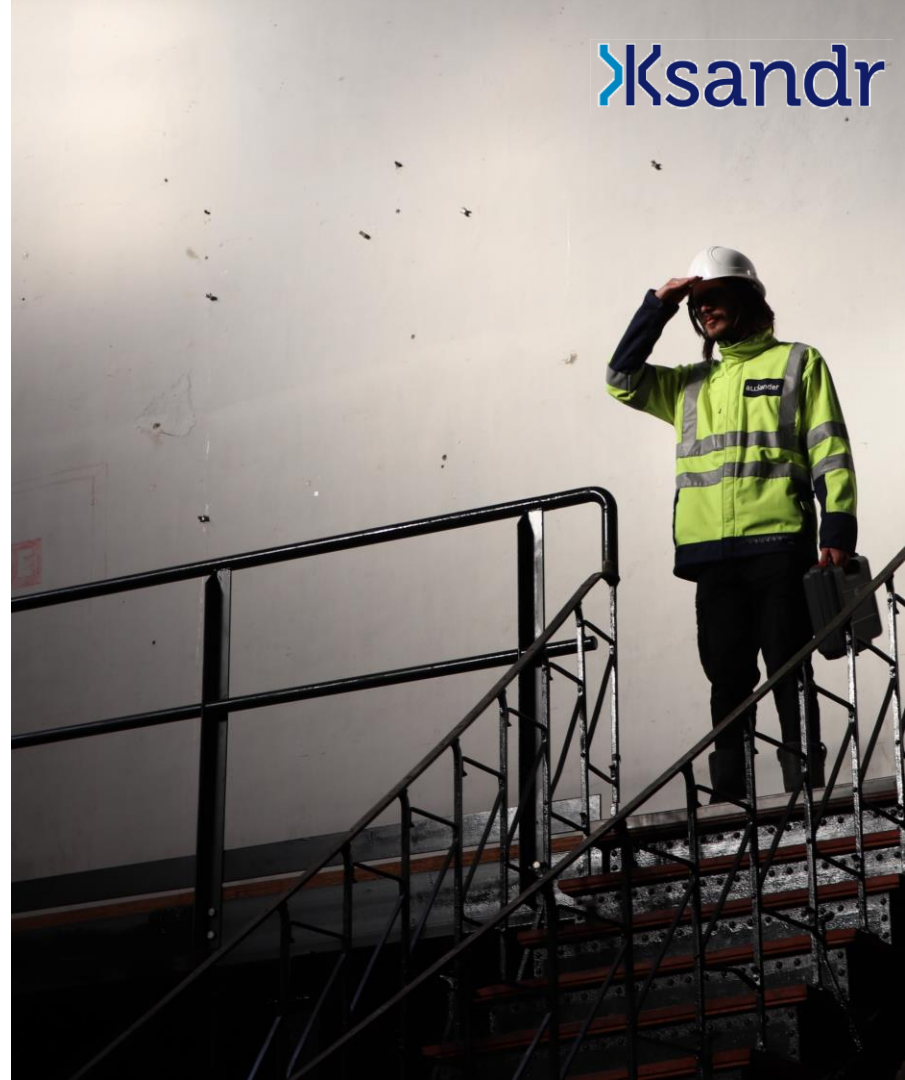
3. Dynamisch kan!

## Waar moeten we rekening mee houden?

Implementeren van de huidige resultaten

Onderzoeken wat de echte temperatuurlimieten zijn

Meer pilotlocaties starten voor meer meetdata



**Projectteam DBN**

Denny Harmsen  
 Rory Leich  
 Jur Erbrink  
 Pim Bellinga  
 Douwe de Bruijn  
 Martijn Janssen  
 Thijs van der Hoeven  
 Rob Kopmeiners  
 Jochem Wildeboer  
 Robert-Jan Peters  
 Edi Recica  
 Pim Sauter  
 Colin van Wijk  
 Robert Vosse  
 Ilse Kemperman  
 Zino Kramer



**In samenwerking met en dank aan**

Innovatiehub  
 System Operations  
 APM-INH  
 DEP  
 LKC bedrijfsvoering  
 K&O  
 Operationeel beheer



[zino.kramer@dep.nl](mailto:zino.kramer@dep.nl)  
[rory.leich@dep.nl](mailto:rory.leich@dep.nl)  
[jur.erbrink@dep.nl](mailto:jur.erbrink@dep.nl)  
[denny.harmsen@alllander.com](mailto:denny.harmsen@alllander.com)





# Het èchte verhaal voorbij nominaal! Zino Kramer en Rory Leich



# ksandr

Het collectieve brein voor de instandhouding  
van het Nederlandse elektriciteitsnet.

13 september 2024