

# Uitdagingen programma Beter Benutten 380kV

CIGRE B2 Themadag op 5 maart 2025



**cigre**

For power system expertise



WHEN TRUST MATTERS

# Uitdagingen programma Beter Benutten 380kV

CIGRE B2 Themadag op 5 maart 2025

Tom Börger / Principal Engineer OHL

woensdag 5 maart 2025

# Introductie

- Tom Börger
- Civiele achtergrond
- Vanaf 2017 werkzaam bij DNV en betrokken bij alle BB380-projecten
- Voor CIGRE deelname aan WG B2.81  
*“increasing the strength capacity of existing overhead lines”*
- Ervaringen van BB380 gepresenteerd tijdens de paper session Parijs 2024



2024 Paris Session

10574

B2 Overhead lines

PS1: Challenges from renewables integration and influences of energy transition on OHL

**Design Challenges and Recommendations in Upgrading the Existing 380 kV Overhead Lines, The Netherlands**

Tom BORGER\*  
DNV  
The Netherlands  
Tom.Borger@dnv.com

E. PLATENKAMP  
TenneT TSO  
The Netherlands  
Erwin.Platenkamp@tennet.eu

Jeff BROWN  
TenneT TSO  
The Netherlands  
Jeff.Brown@tennet.eu

Renata GHENO  
DNV  
The Netherlands  
Renata.Gheno@dnv.com

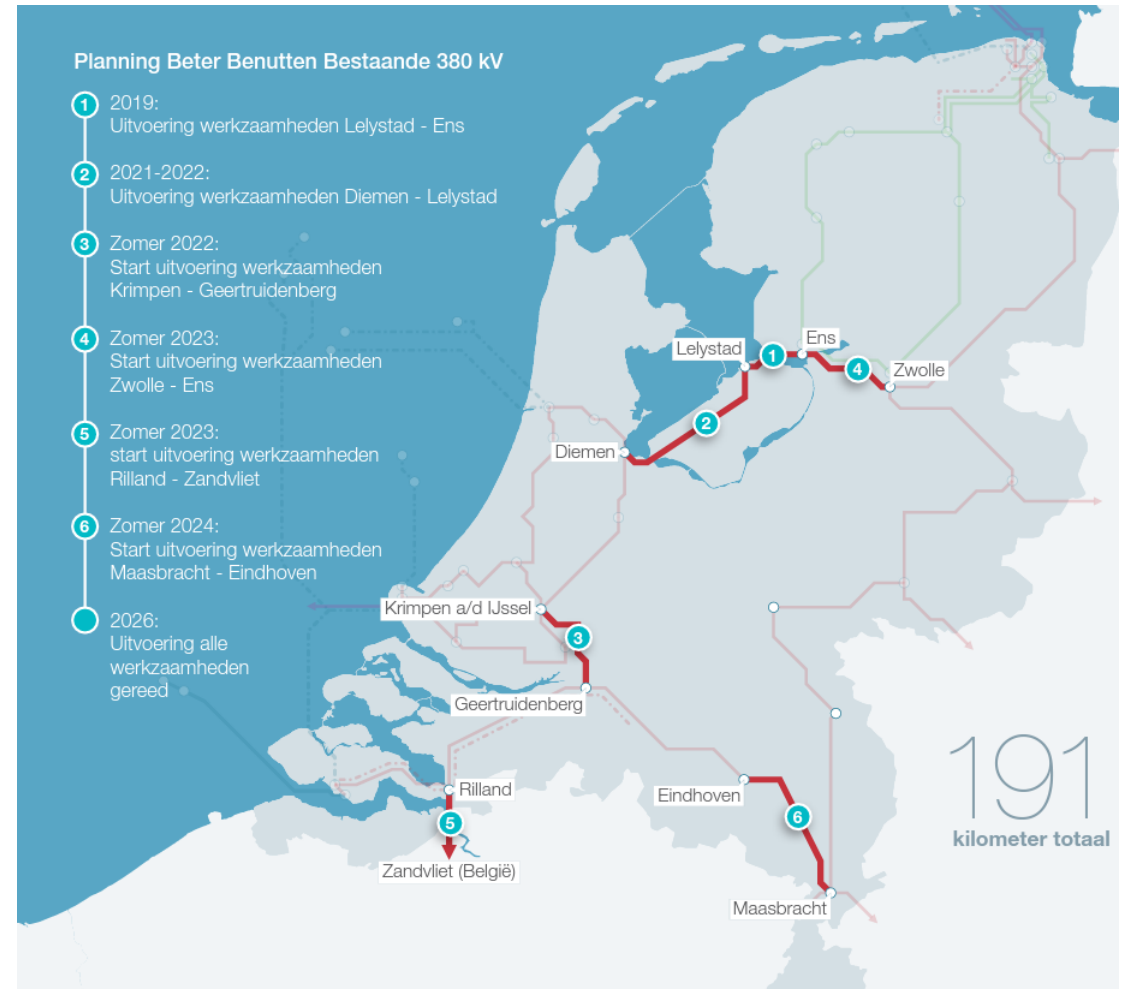
*Cigre paper*

# Inhoud

- Scope BB380 programma
- Historie opwaardering
- Geleiderkeuze
- Elektrische aspecten
- Constructieve aspecten
- Praktijkervaringen

# Beter Benutten 380: uitdagingen en doelstelling

- De toenemende vraag vanuit decentrale opwek met bijbehorende grotere transmissiecapaciteit, 2,5kA naar 4kA
- Geleiderkeuze
- Beperkingen vanuit strikte regelgeving rondom magneetvelden
- Beperkingen in de capaciteit van bestaande mastconstructies en fundaties

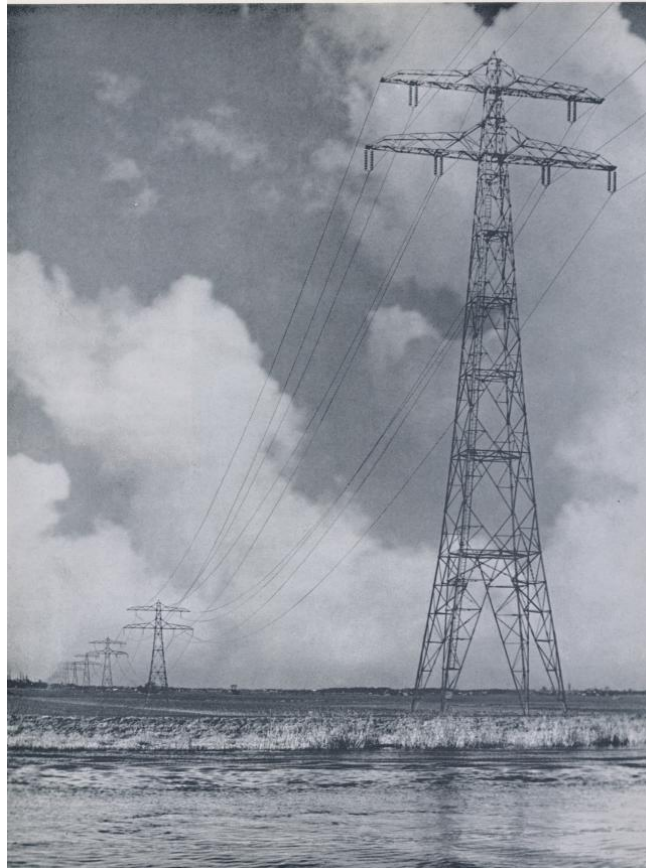


# Historie

- Opwaardering is van alle tijden
- '60-70: Koper => ACSR
- Spanningsopwaardering
- Netuitbreidingen met kabelverbindingen
- Tot 2020: opwaardering met ACSR en vooral AAAC
- Huidige trend: opwaardering van ACSR/AAAC met CFCC

## SEP Jaarverslag 1966

Door de N.V. Provinciaal en Gemeentelijk Utrechts Stroomleveringsbedrijf (PEGUS) werd een aanvang gemaakt met de werkzaamheden ter vergroting van het transportvermogen van de 150 kV-lijn Utrecht-Dodewaard tot 200 MVA per circuit. Bij het GEB Amsterdam waren eind 1966 de 3e en 4e 150 kV-kabelverbinding tussen de stations



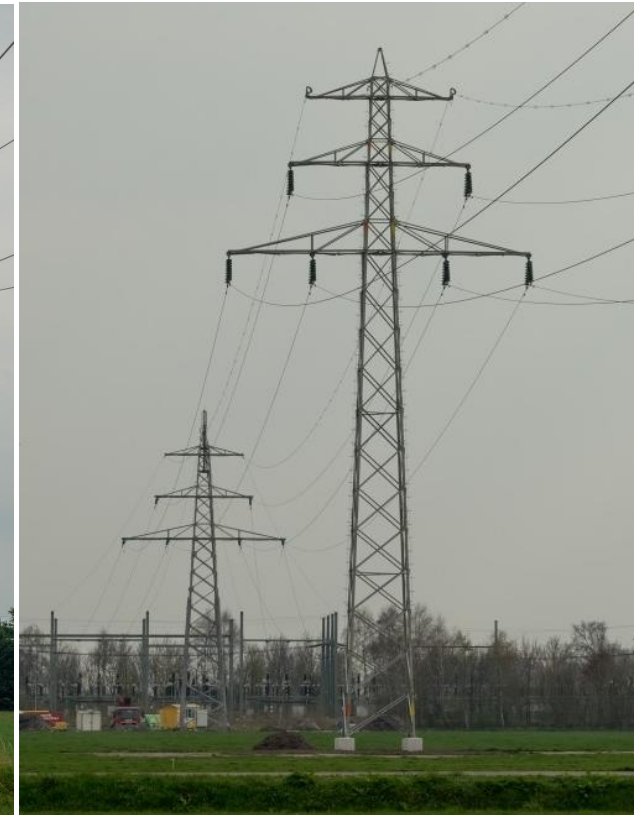
De N.V. Provinciale Geldersche Electriciteits-Maatschappij (PGEM) vergrootte het transportvermogen van de 150 kV-lijn Nijmegen-Dodewaard tot 200 MVA per circuit.

# Traditionele opwaardering met AAAC

- 2010: Vierverlaten – Zeyerveen – Hoogeveen – Hessenweg: opwaardering van 2x ACSR Groningen (Ø21,8mm) naar 2x ACSR Bobolink (Ø36,3mm)
- 2016: Aftak Coevorden: opwaardering van ACSR 25/152 Ostrich naar AAAC 882
- Met conventionele geleiders lage verliezen en gangbare technieken
- In beide gevallen groot aantal constructieve maatregelen
- Toepassing NEN 1060 “beperkte” de impact constructief nog enigszins



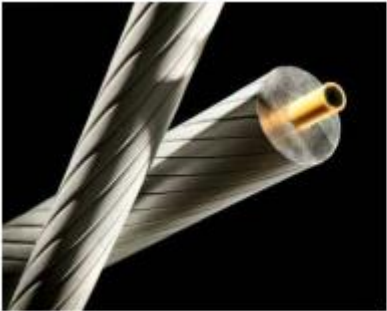
Na



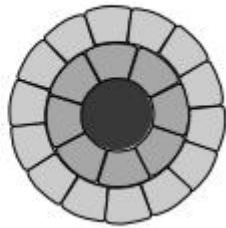
Voor

# Eerste projecten met CFCC

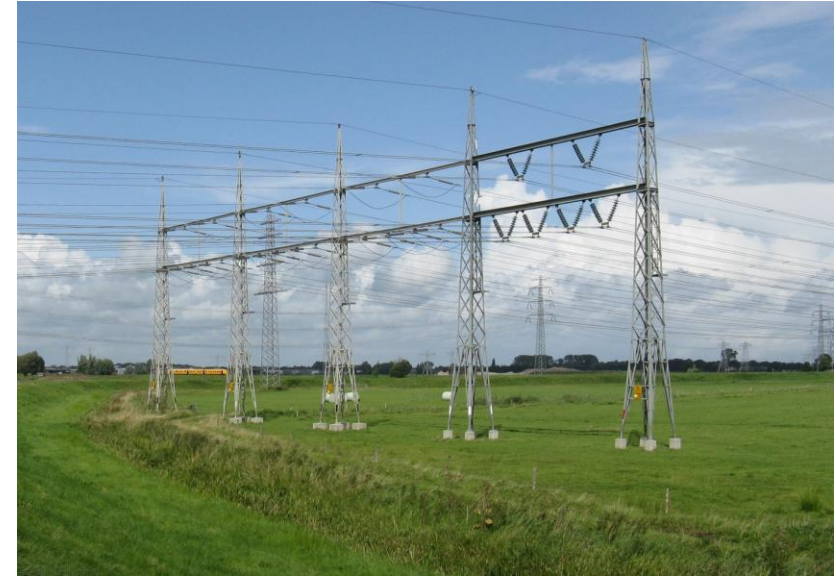
- In 2014 project driehoek Zwolle: opwaardering “Jukkenlijn” met CFCC
- Doorhangknelpunten opgelost



(CTC Global)



*Persklem*



*Voor*



*Na*

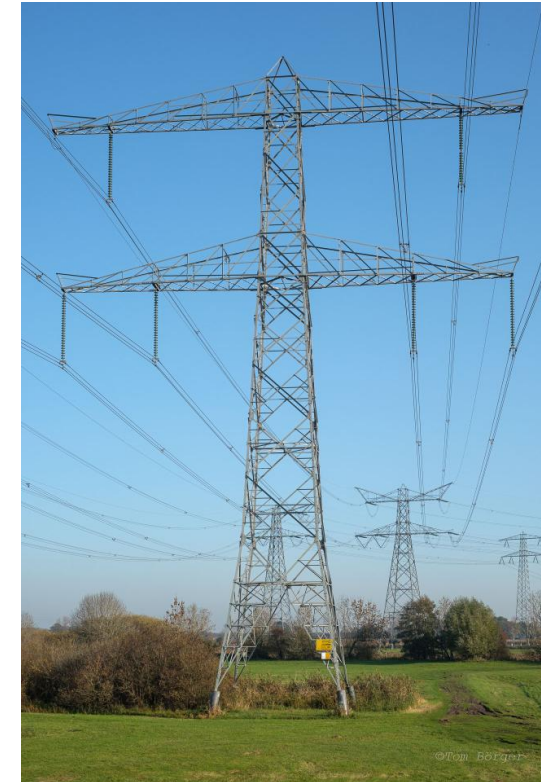


# Geleiderkeuze BB380: hoge temperatuurgeleider (HTLS): GTACSR of CFCC

- Upgrade met traditionele AAAC-geleider niet haalbaar, keuze voor HTLS
- Afweging tussen GTACSR en CFCC
- geschikt voor zowel 1<sup>e</sup> / 2<sup>e</sup> fase koppelnet als ringsluiting
- Keuze: CFCC-Warsaw: maximale zeeq past voor beide koppelnet-delen en heeft minder geleiderverliezen

1e fase koppelnet: ACSR-37/423 "SEP" driebundel met kettinglijnparameter P10 van 1400m

Ringsluiting: AAAC-AMS 460 driebundel met kettinglijnparameter P10 van 2100m

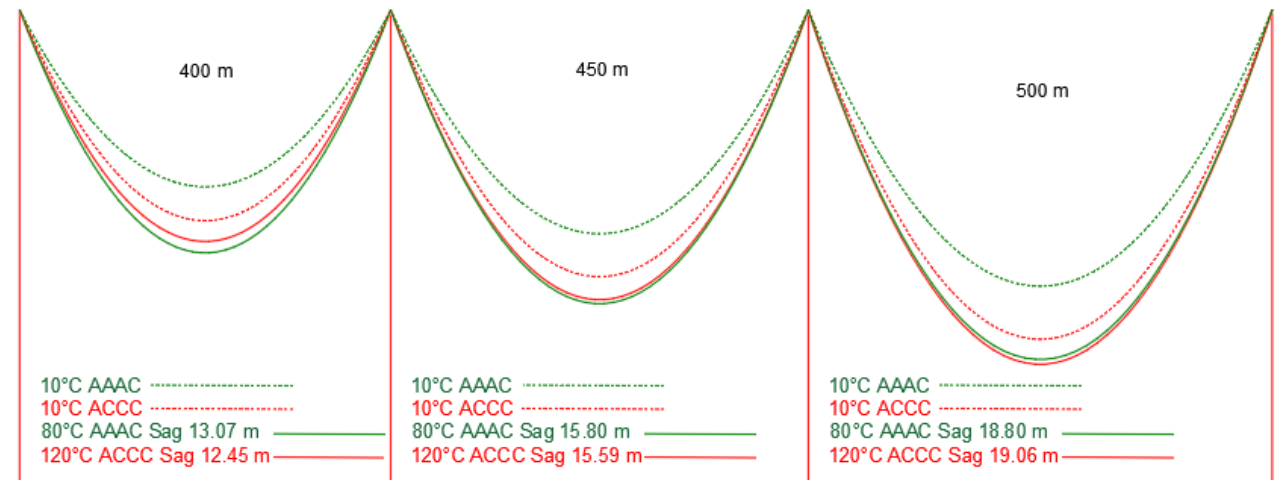
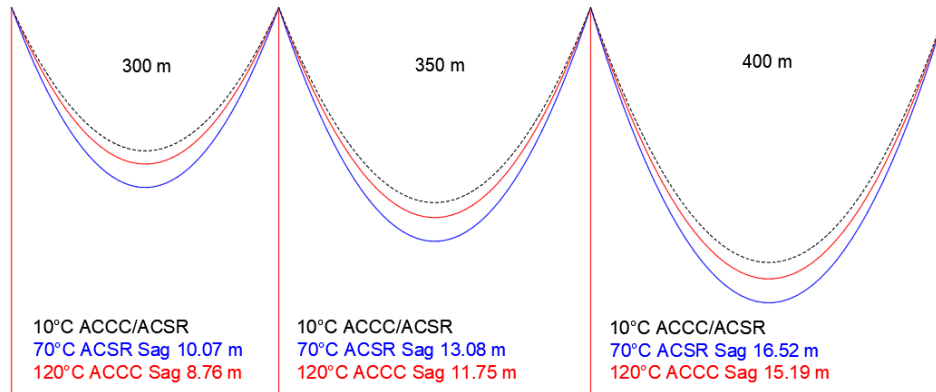


Item		AAAC AMS460	ACSR 423/37 SEP	ACCCZ Warsaw Lamifil	GTACSR 44/438 EHC
Cross section	[mm <sup>2</sup> ]	460.41	460.50	571.81	482
Diameter	[mm]	27.90	27.94	27.72	26.62
Weight	[N/m]	12.78	15.10	14.98	16.13
Modulus of elasticity	[MPa/100]	544.0	660.9	628.5	685
Thermal expansion coefficient	[/100°C]	0.00230	0.00203	0.00188	0.0020
Thermal expansion coefficient above the knee-point		0.00230	0.0011	0.000145	0.0011
UTS	[N]	135820	111863	151634	138100

# Toepassing CFCC-geleider

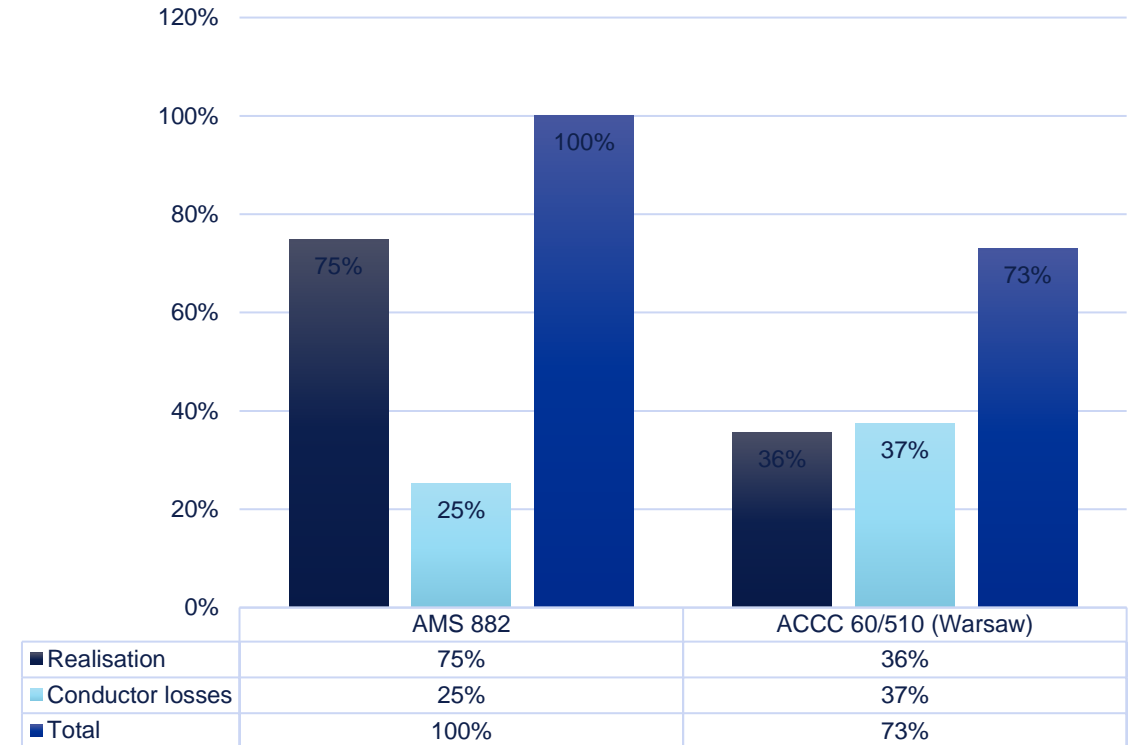
- Zeeg gedrag ACSR versus CFCC voor 1<sup>e</sup>/2<sup>e</sup> fase koppelnet P10=1400m

- Zeeg gedrag AAAC P10=2100m versus CFCC P10=1760m voor ringsluiting in nieuwe situatie



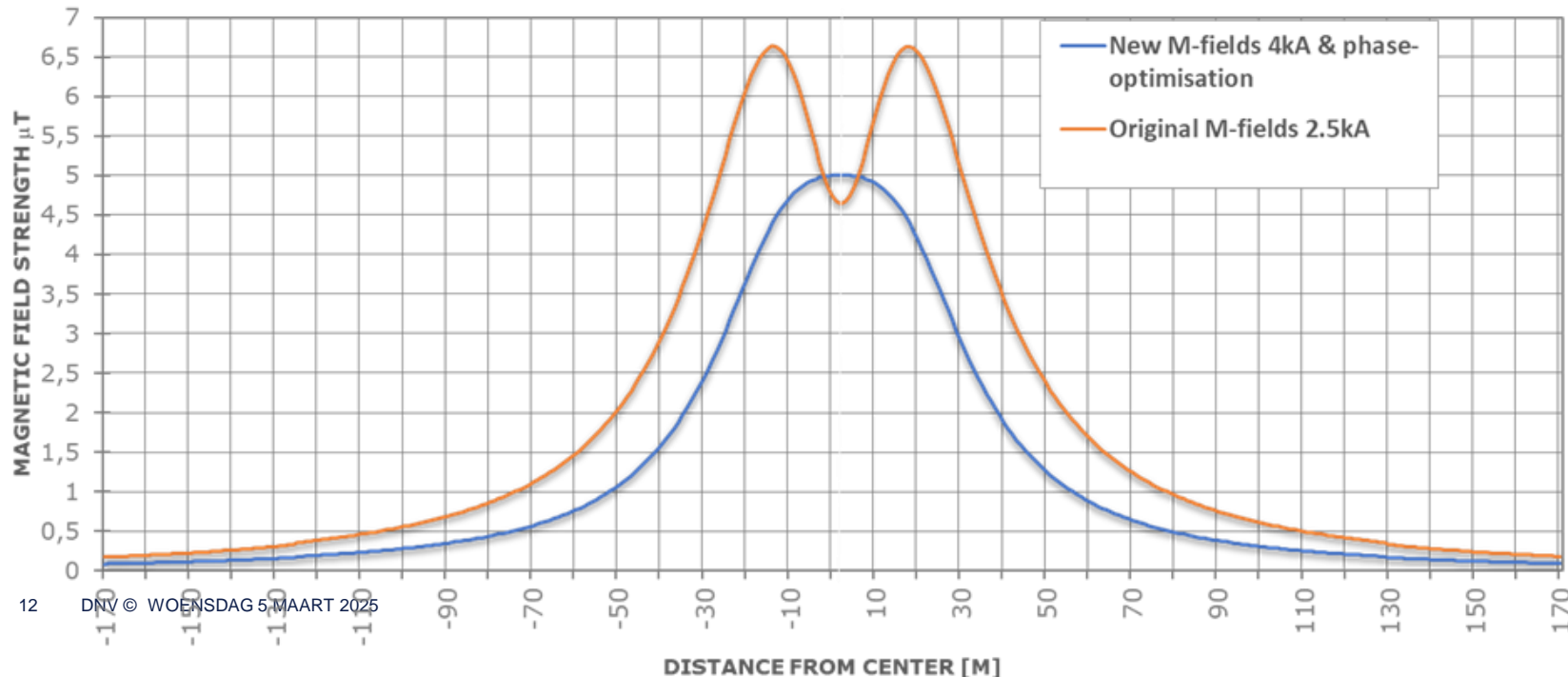
# Kostenvergelijking AAAC versus CFCC

- CFCC-geleiders zijn ~50% duurder maar zullen tot minder mastverzwaringen leiden
- Opwaarderen met conventionele AAAC 882 geleiders zou de projectkosten meer dan verdubbelen
- CFCC-geleiders hebben als nadeel meer geleiderverliezen. Hoewel dit afhangt van het belastingscenario, bedraagt dit tot 30% extra over 40 jaar
- In totaal leidt de toepassing van CFCC-geleiders tot een 27% kostenbesparing over de looptijd



# EMF-aspecten: magneetveldzone

- Geen toename toegestaan in breedte magneetveldzone
- Handreiking RIVM: 0,4uT
- Oplossing: klokgetaloptimalisatie



4		4	
12	8	12	8
White		Black	

Voor

12		4	
8	4	12	8
White		Black	

Na

# E-veldsterkte 5kV/m onder de lijn

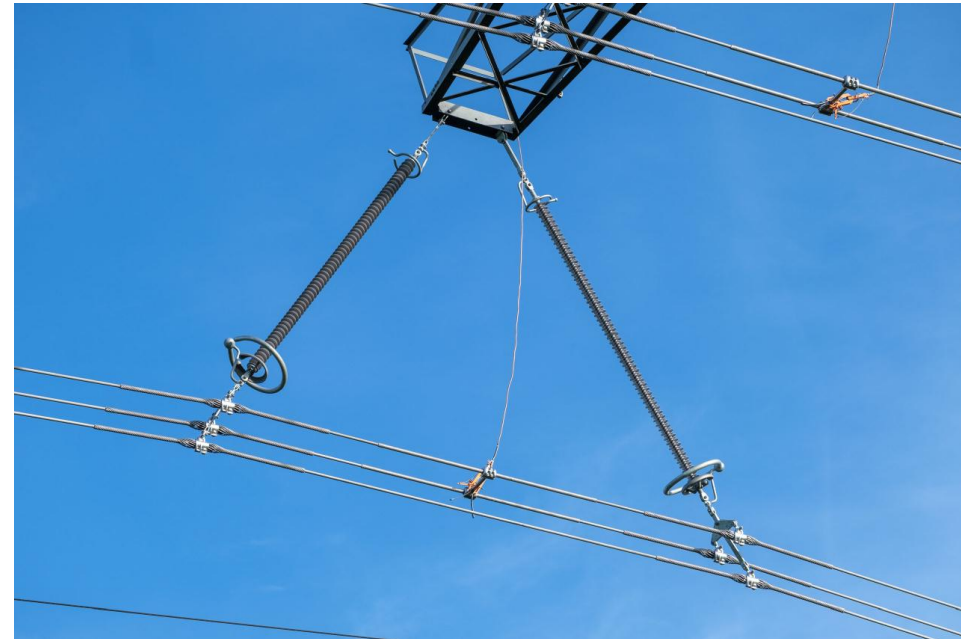
- E-veldsterkte is gevoelig voor kleine veranderingen in ophanghoogte, meer dan M-veldsterkte
- Bij ringsluitingsmasten was eis moeilijk haalbaar als gevolg van verschil tussen 2100 m bestaande geleider en 1760 m nieuwe geleider
- In combinatie met stroombelasting 66% voor bestaande situaties (in 1 of 2 circuits)



*Verhoging ondergeleider en dichterbij elkaar brengen via verlengde ketting*

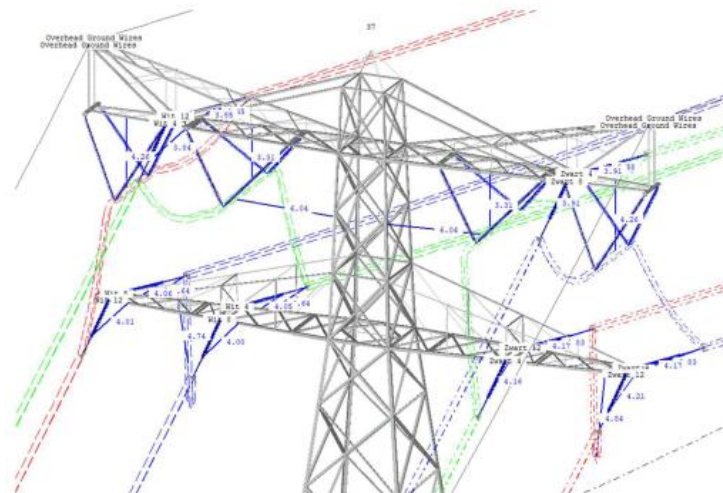
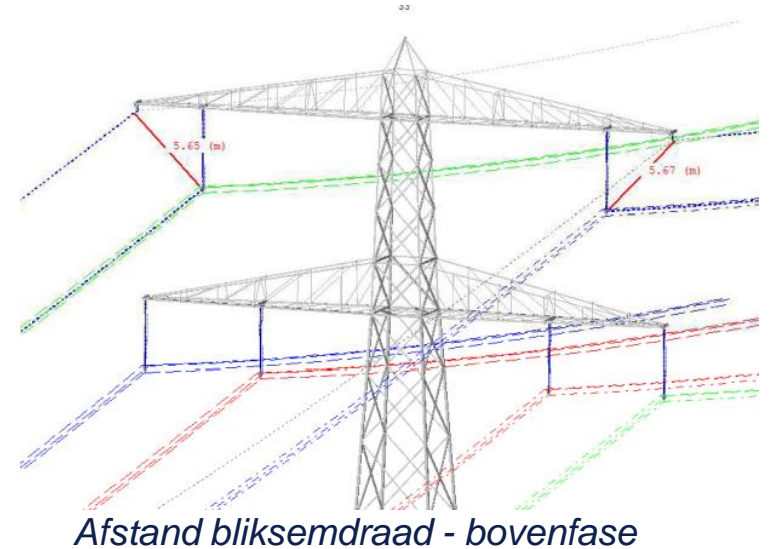
# Vernieuwing isolatie

- Glas of kunststof
- Beide is technisch mogelijk
- Keuze voor kunststof, doorslaggevend was:
  - lager gewicht
  - trend naar de toekomst
  - kortere inbouw lengte

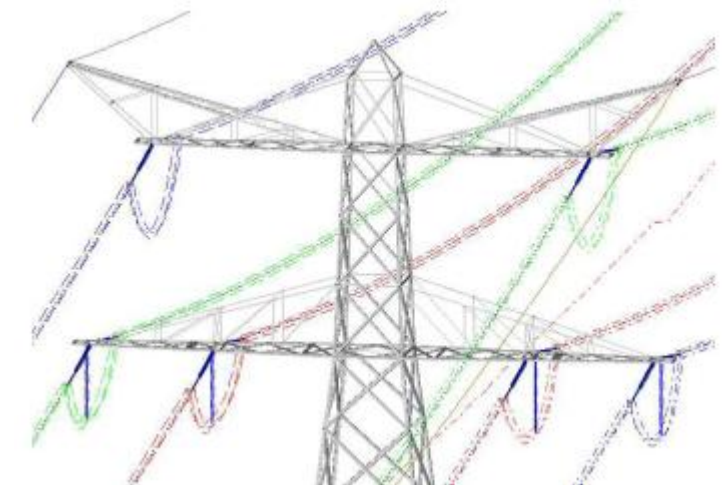


# Mastaanpassingen vanwege E-aspecten

- Voor controle van elektrische afstanden: NEN 1060:1964 en NEN 1060:1987 normen
- Knelpunten:
  - uitzwaai bretelles
  - afstand bliksemdraad – bovenfase
  - hoogteverschillen tussen masten
- Wisselmasten



*Fasewisseling*

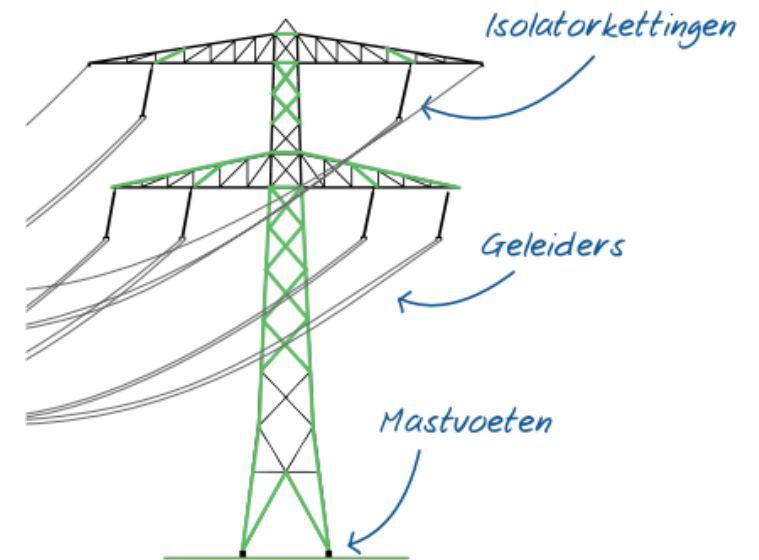


*Bretellefixatie*

# Mastaanpassingen constructief

- Tot 2018 (PVE 3.0): gebruik NEN 1060-norm
- Verandering naar toepassing NEN 8700 en Eurocode normen
- Maar: masten en fundaties voldoen niet op grote schaal door hogere windbelasting
- Mitigatie: verlaagde betrouwbaarheidsklasse “CC2-0” die past bij aanwezig niveau
- TenneT: “Afkeurniveau” CC2-0 met 30 jaar is basisuitgangspunt
- Minimumniveau 15 jaar als disproportionele maatregelen voorkomen worden, zoals bij fundaties.

TenneT gaat mast voor mast aan de slag met de hoogspanningsverbinding tussen Lelystad en Ens. Wat is hiervan te zien?



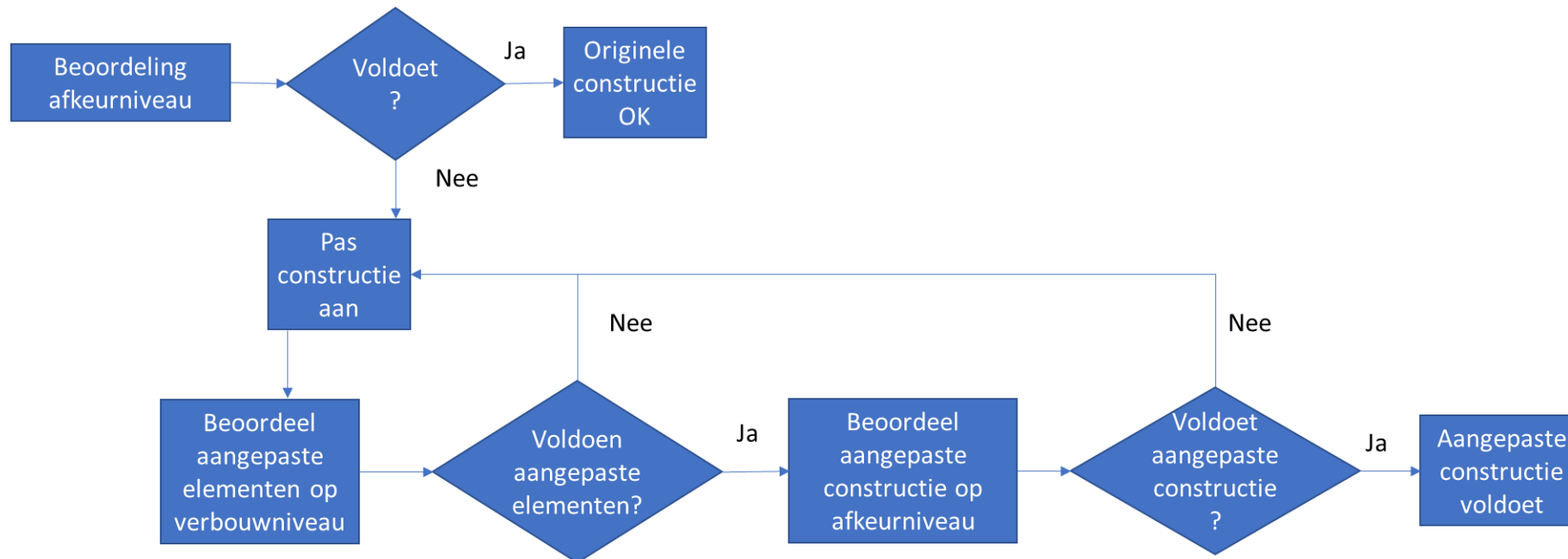
TenneT vervangt de in groen aangegeven staalprofielen ter versterking van de mast.

*Oorspronkelijk plan met conventionele geleiders*



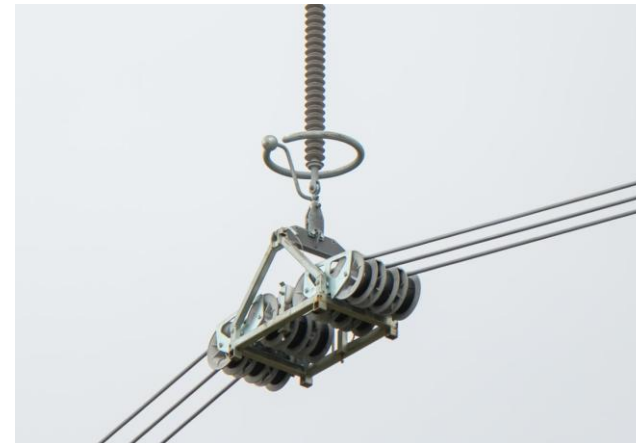
# Stroomschema toetsing

- Toetsing op afkeurniveau, nieuwe onderdelen op verbouwniveau
- Tenslotte toetsing van aangepaste constructie nogmaals op afkeurniveau



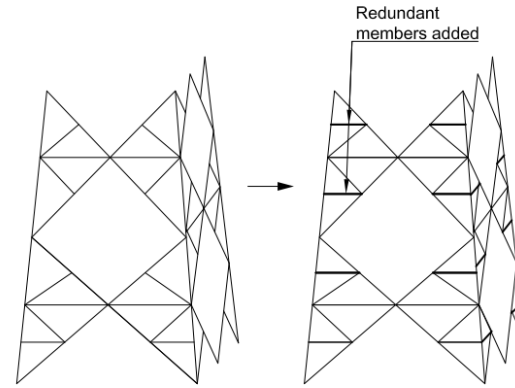
# Installatie CFCC-geleider

- Vergelijkbaar met een conventionele geleider maar:
- Bij intrekken moet voldoende buigstraal zijn
- Tijdelijk “voorspannen” tot 1,5x alledaagse trek om kruipgedrag te verbeteren en “initial” waarde dichterbij “final” te brengen (belangrijk voor afstand tot bliksemgeleider)
- *Niet gerelateerd aan geleidertype: geïnduceerde stromen met één circuit in bedrijf is belangrijk aandachtspunt*

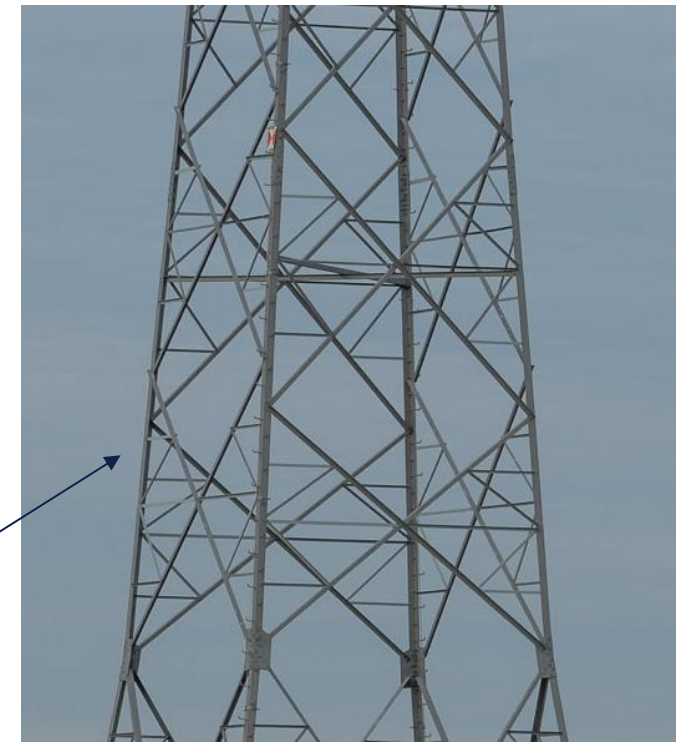


# Uitwerking mast S+0

- Overbelast in windgebied II
- Knikstabiliteit met versprongen verbanden tussen zijvlakken, toevoeging knikverkorters
- Treksterkte bovenrand traverse, hier werkt gunstig dat glaskapisolatoren zijn vervangen door kunststof (polymeer) exemplaren



Extra knikverkorters



# Uitwerking kruisingsmast

- Door toepassing “kustzone” extreem hogere belasting (factor 2) dan in het verleden aangehouden
- Randprofielen verzwaard met extra hoekprofiel tot niveau ondertraverse
- Diagonalen uitgewisseld
- Ankerverbinding versterkt



*Extra profiel  
=> vlinderprofiel*

# Fundaties

- Veel fundaties voldoen niet met huidige methodiek Eurocode
- Mate van overschrijding is lastig voorspelbaar gebleken
- Proefbelastingen uitgevoerd voor onderbouwing lagere materiaalfactor bestaande palen
- Ballastfundaties



*Typische fundatie met kokerpalen  
(damwandplanken)*



*Verzwaarde fundatie*

# Conclusies

- CFCC-geleiders zijn het meest geschikt bevonden door beste balans tussen kosten, transmissieverliezen en constructieve aanpassingen
- Toepassing van NEN8700 norm en Eurocode is met aangepast betrouwbaarheidsniveau CC2-0 mogelijk zonder disproportionele aanpassingen aan de constructies
- Fundaties blijven punt van aandacht
- De toepassing van CFCC-geleiders zal naar verwachting een grotere vlucht nemen bij opwaardering van bestaande lijnen
- Korte doorlooptijd (~4 jaar) is haalbaar gebleken!

# Bedankt voor de aandacht

Vragen?

[tom.borger@dnv.com](mailto:tom.borger@dnv.com)

+31 6 46713709

[www.dnv.com](http://www.dnv.com)