

Samenvatting KCD 2017



Netkaart

hoogspanningsnet Nederland 2017



Voorwoord

In deze samenvatting beschrijft TenneT de hoofdlijnen uit het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument 2017¹. In het KCD geven we voor een periode van 10 jaar de investeringen weer die TenneT verwacht te moeten doen om de kwaliteit, veiligheid en capaciteit van de elektriciteitstransporten in Nederland te waarborgen. Het KCD 2017 heeft vorm gekregen in een periode waarin de transitie naar duurzaam in Noordwest-Europa en zeker ook in Nederland momentum heeft gekregen, mede door de brede consensus van het in 2013 opgestelde SER energieakkoord waarin tot 2020 een eenduidig kader is bepaald voor de realisatie van duurzaam op zee en op land.

Om de flexibiliteit en veerkracht van ons transportnet te vergroten, de overgang naar hernieuwbare energie te ondersteunen en de leveringszekerheid van elektriciteit op haar markten te waarborgen moet TenneT de komende tien jaar naar verwachting tussen EUR 3,5 en EUR 4,5 miljard investeren in het oplossen van knelpunten in het net op land. Een groot deel daarvan (circa tweederde) is nodig voor uitbreiding van het net op zowel het 380 kV spanningsniveau als de 150- en 110 kV spanningsniveaus, het resterend deel voor vervanging van (delen van) de bestaande infrastructuur en voor overige investeringen. In het net op zee wordt tot en met 2023 circa EUR 2 miljard geïnvesteerd.

Transitie

De Europese energievoorziening verandert. Er vindt een snelle verdringing van fossiele brandstoffen naar hernieuwbare energiebronnen zoals wind en zonne-energie plaats. Er verrijzen meer windturbines op land en op zee, en een toenemend aantal woningen en

kantoren beschikt over zonnepanelen. Op kleine schaal zien we dat eigenaren van woningen met zonnepanelen niet alleen energie consumeren, maar deze ook produceren (zogenoeten 'prosumenten'). Op grotere schaal betekent het toenemende aandeel van wind- en zonne-energie dat de beschikbaarheid – en ook de prijs – van elektriciteit steeds meer zal afhangen van de weersomstandigheden. Bij windrijk of zonnig weer is er een groter aanbod van elektriciteit, en gedurende periodes met weinig wind of zon zal de stroom duurder zijn. De inpassing van hernieuwbare energiebronnen en het in stand houden van een stabiele en betrouwbare elektriciteitsvoorziening stellen ons daarbij voor uitdagingen. Een elektriciteitsmarkt die deels afhankelijk is van natuurkrachten is complexer, en moet op een fundamenteel andere wijze worden ingericht.

Landelijk

Met het verschijnen van dit KCD is er voor het eerst een geïntegreerd plan voor alle netinvesteringen, zowel op zee als op land. In dit KCD is een aanzienlijk deel



¹ Het complete KCD 2017 is te vinden op onze website www.tennet.eu

“Het KCD 2017 heeft vorm gekregen in een periode waarin de transitie naar duurzaam momentum heeft gekregen”

van de uitbreidingsinvesteringen bestemd voor de totaal vijf net op zee projecten die elk 700 MW wind aan land brengen en de grote 380 kV-projecten in het zuidwesten en noordoosten van Nederland, ter ontsluiting van productievermogen in Zeeland en Noord-Nederland en om transport van grootschalige wind te faciliteren. Verder zorgen we voor een verzwaring van onze nationale transportring om overschotten van duurzaam geproduceerde elektriciteit in Noordwest-Europa over een groter geografisch gebied te kunnen spreiden en versterken we op verschillende plekken ons 110 kV- en 150 kV-net om de ontsluiting van grootschalige duurzame energie te faciliteren.

Niet in de laatste plaats draagt ook de zorg voor onze bestaande infrastructuur bij aan de continue levering van stroom. Door regelmatig onderhoud te plegen aan onze vele stations, lijnen en kabels zorgen we ervoor dat deze naar behoren blijven functioneren en worden stroomstoringen, schade aan het milieu en veiligheidsincidenten zoveel mogelijk vermeden. We doen dit zo efficiënt mogelijk tegen acceptabele kosten. Onze klanten verwachten immers een solide elektriciteitsvoorziening tegen een gunstige prijs. Daarom is er veel aandacht voor nieuwe methoden en technieken om het onderhoud te verbeteren.

Internationaal

Met de transitie naar duurzaam in Europa zal de maatschappij er ook aan moeten wennen dat productie en verbruik niet meer als vanzelfsprekend in hetzelfde land plaatsvindt. De sterke groei van het aandeel hernieuwbare energiebronnen in geheel Europa onderstreept de noodzaak om een grensoverschrijdend elektriciteitsnet te ontwikkelen waarmee elektriciteitsstromen tijdens piekperiodes over een groter gebied kunnen worden verdeeld. Grensoverschrijdende verbindingen worden dan ook steeds belangrijker en TenneT's investeringen en expertise spelen een sleutelrol bij de verdere ontwikkeling van een geïntegreerde Europese

energiemarkt. Zo zijn we in 2016 begonnen met de bouw van de High Voltage Direct Current (HVDC) onderzeese COBRACable van Nederland naar Denemarken. De bouw van de verbinding Doetinchem-Wesel tussen Nederland en Duitsland is vergevorderd en wordt in 2018 in bedrijf genomen.

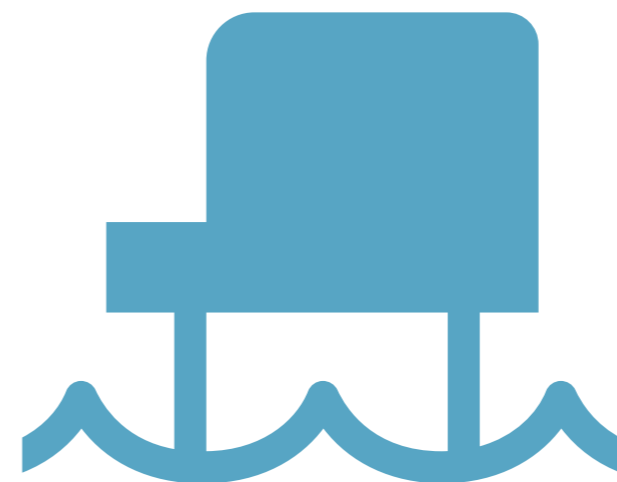
Toekomst

Ons standpunt dat windenergie steeds grootschaliger wordt, wordt onderstreept door de langetermijnvisie die we vorig jaar onthuld hebben voor een 'energie-eiland' in de Noordzee. Dit eiland vormt een energiecentrale die offshore windenergie verbindt voor de Nederlandse, Duitse, Belgische, Britse, Noorse en Deense markten. Wij zijn ervan overtuigd dat het gebruik van interconnectoren voor het transport van grootschalige offshore wind de weg voorwaarts is. We verwachten dat we in Nederland in de komende tien jaar in het kader van de energietransitie en de leveringszekerheid van ons net grote investeringen zullen plegen in de netinfrastructuur op land en op zee. Deze extra capaciteit zal overbelasting op het net – bijvoorbeeld op dagen met veel wind – voorkomen, en maakt het mogelijk om energie te transporteren van opweklocaties naar verbruikscentra.

Met de aanzienlijke investeringen in ons transportnet creëert TenneT een optimale infrastructuur, die aansluit bij de veranderende behoeften van de elektriciteitsmarkt en die past bij onze dagelijkse leefomgeving. De capaciteitsuitbreidingen in het net en de verdere verbondenheid met andere Noordwest Europese landen zullen zorgen voor een betrouwbaar aanbod van duurzame energie in Nederland en daarbuiten. Ook dragen de investeringen in ons net bij aan een stabiele prijsvorming en een blijvend hoge leveringszekerheid in Nederland.

Mel Kroon

CEO TenneT



**Vijf projecten
Net op Zee**
van elk 700 MW
aansluitcapaciteit

Eerste **geïntegreerde
netontwikkelingsplan**
voor zowel net op
land als op zee



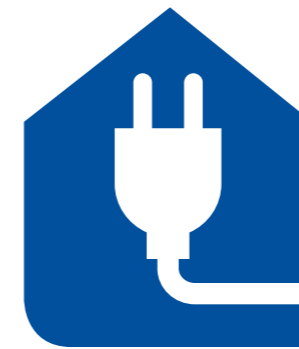
**Verdubbeling
interconnectie**
tussen 2016
en 2025

**Grote projecten
op land** met name om
transport van grootschalige
wind te faciliteren



Inleiding

TenneT volgt nauwgezet de ontwikkelingen in de Europese elektriciteitsmarkt. Dit is nodig om ook in de toekomst te kunnen beschikken over een kwalitatief en betrouwbaar hoogspanningsnet. Het is onze taak om te zorgen voor een veilig en betrouwbaar elektriciteitstransportsysteem. Een stabiel net om de Nederlandse samenleving naar behoren te kunnen laten functioneren. Een net, dat de verbinding vormt tussen stroomleveranciers en –verbruikers. Dat de energietransitie mogelijk maakt.



99,99%
leveringszekerheid

Gerealiseerde kwaliteitsniveau in 2014-2016 voor het 220/380 kV-net

	Aantal onderbrekingen	Jaarlijkse uitvalduur (min.)	Onderbrekings-frequentie (jaar ¹)	Gemiddelde onderbrekingsduur (min.)
Streefwaarde		0,00	0,000	0
2014	0	0,00	0,000	0
2015	2	12,20	0,124	96
2016	0	0	0	0

Gerealiseerde kwaliteitsniveau in 2014-2016 voor het 110/150 kV-netwerk

	Aantal onderbrekingen	Jaarlijkse uitvalduur (min./jaar)	Onderbrekings-frequentie (jaar ¹)	Gemiddelde onderbrekingsduur (min.)
Streefwaarde		≤2,25	≤0,075	≤30
2014	4	0,50	0,011	45
2015	14	0,80	0,055	15
2016	6	0,08	0,013	7

De leveringszekerheid van het Nederlandse net behoort tot een van de betrouwbaarste ter wereld met 99,99 procent. In 2016 waren er zowel op 220/380 kV niveau als in het 110/150 kV-net minder storingen dan in 2014 en 2015.

Door middel van het indienen van het Kwaliteits- en Capaciteitsdocument (KCD) bij de Autoriteit Consument & Markt (ACM) legt TenneT iedere twee jaar formele verantwoording af over de behoefte aan binnenlandse transportcapaciteit die voor een tijdshorizon van tien jaar wordt voorzien. Dit gebeurt aan de hand van scenario's ten aanzien van productie- en belastingontwikkeling.

Hoogspanningsnetten vormen de ruggengraat van de elektriciteitsvoorziening die stroomproducenten met verbruikers verbindt. TenneT beheert het hoogspanningsnet in Nederland en een groot deel van Duitsland. Het doel van TenneT is hierbij het creëren van een optimale infrastructuur, die aansluit bij de steeds veranderende behoeften van de elektriciteitsmarkt en past bij onze dagelijkse leefomgeving. Daarbij geldt dat transportnetten vaak een technische levensduur hebben van meer dan vijftig jaar. Dit betekent dat investeringen van vandaag het aanzicht van het hoogspanningsnet van deze eeuw bepalen. Als gevolg van de liberalisering zijn de Europese energiemarkten steeds meer met elkaar verweven. De nationale

energienetten worden aan elkaar gekoppeld, zodat elektriciteit altijd beschikbaar is tegen een prijs die zo concurrerend mogelijk is. Dat is een goede zaak voor consumenten en bedrijven, maar betekent een extra uitdaging voor netbeheerders, die al deze energiestromen in goede banen moeten leiden. In dit plan wordt daarom een inschatting gemaakt van de behoefte aan (grensoverschrijdende) transportcapaciteit. In het document dat voor u ligt, vindt u de belangrijkste conclusies uit het KCD dat TenneT eind 2017 bij de ACM heeft ingediend. Het is goed om hierbij te bedenken dat TenneT zijn investeringsplannen continu moet afstemmen op de veranderingen in de markt en in het overheidsbeleid. Zeker de laatste jaren maakt de elektriciteitsvoorziening roerige tijden door. Met name de verdere elektrificatie van onze samenleving, de transitie naar duurzaam in Nederland en Noordwest-Europa én de brandstofprijzen (kolen- en gas) hebben het elektriciteitslandschap de afgelopen jaren sterk beïnvloed. In dit licht moet het recente KCD dan ook worden gezien als de momentopname van de ontwikkelingen die in 2017 werden voorzien.

²Op 1 december 2017 heeft TenneT het document met de voorziene netuitbreidingen tot 2027 aan de ACM overgedragen.

Scenario's

Voor dit Kwaliteits- en Capaciteitsdocument hebben Gasunie Transport Services (GTS) en TenneT het initiatief genomen om gezamenlijk een set van scenario's te ontwikkelen. Ter ondersteuning van dit initiatief is Energieonderzoekcentrum Nederland (ECN) benaderd om te assisteren bij de scenario ontwikkeling en voor het vastgestelde scenario met de modellen, zoals door ECN gehanteerd voor de Nationale Energieverkenning (NEV), om de totale energiebalans inclusief gas- en elektriciteitsvraag te berekenen. Bij de ontwikkeling van de scenario's heeft het scenario uit de NEV 2016 gebaseerd op voorgenomen overheidsbeleid als basis gediend. In aanvulling hierop is mede op basis van de scenario's voor het Ten Year Network Development Plan (TYNDP) van ENTSO-E gekeken langs welke paden de transitie naar een duurzame samenleving kan verlopen.

In dit KCD zijn voor het vaststellen van knelpunten in het 220 kV- en 380 kV-net twee scenario's onderzocht, te weten een referentiescenario (REF) en een scenario waarin conventionele kolengestookte eenheden niet meer operationeel verondersteld zijn (scenario Richting Duurzame Transitie (RDT)). Voor elk scenario is vervolgens de gevoeligheid getoetst van zowel prioritering van de inzet van conventionele eenheden in het noorden of het westen van Nederland, als ook van de variatie in beschikbaarheid van zon- en windenergie. Daarnaast zijn er twee toekomstscenario's kwalitatief beschouwd, waarbij de effecten van een grote groei van hernieuwbare

energieproductie onderzocht zijn. Het betreft het scenario Centrale Klimaatactie (CK) met sterke groei van centraal opgesteld duurzaam opwekvermogen, met name offshore wind. En het scenario Decentrale Klimaatactie (DK) met grote aantallen zonne-energie-systemen en opslagsystemen, met name in de onderliggende netten. De markt simulaties zijn uitgevoerd voor de steekjaren 2018, 2020, 2025, 2030 en 2035. Voor de eerste steekjaren (2018, 2020) wordt aangenomen dat de ontwikkeling van vraag en aanbod onder alle scenario's hetzelfde is, maar dat de ontwikkelingen steeds verder uit elkaar lopen naarmate de tijd

verstrikt. In de latere steekjaren worden verscheidene scenario's doorgerekend (twee in het steekjaar 2025 en vier in elk van de steekjaren 2030 en 2035). Dit past bij de relatief lange doorlooptijd van veranderingen in

het elektriciteitssysteem en het feit dat onzekerheid over toekomstige ontwikkelingen in de markt en het overheidsbeleid toeneemt naarmate een verdere toekomsthorizon wordt beschouwd.

“Verdere ontwikkeling
grensoverschrijdend
elektriciteitsnet”

Belangrijkste aspecten vier scenario's

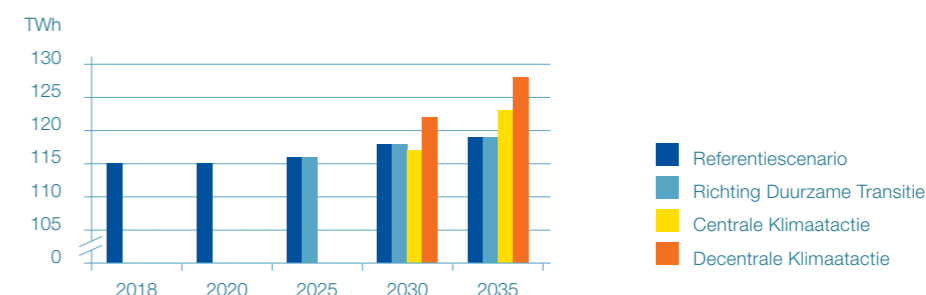
1 Kernpunten Referentiescenario

Voor het Referentiescenario (REF) is in de NEV 2016 verondersteld dat er mondiaal onvoldoende samenwerking is om een effectief klimaatbeleid vorm te geven.

Daarnaast is de Europese Unie in dit scenario niet bereid om unilateraal harde doelstellingen voor 2030 vast te stellen. Voor zon- en windvermogen wordt

conform de NEV 2016 aangenomen dat de doelstellingen uit het SER-energieakkoord worden gerealiseerd. Enige uitzondering hierop is wind op land, waarvoor op basis van de NEV 2016 wordt verwacht dat de doelstelling van 6 GW voor 2020 pas in 2023 wordt gerealiseerd. Voor dit scenario wordt voor het steekjaar 2035 in totaal 39 GW aan duurzaam vermogen voorzien, dat is opgebouwd uit

Ontwikkeling elektriciteitsvraag zoals binnen scenario's voorzien



7 GW windvermogen op land, 11 GW windvermogen op zee en 21 GW zonvermogen. Ten aanzien van het conventioneel thermisch vermogen wordt, op basis van informatie door producenten aan TenneT verstrekt, een daling van het opgesteld vermogen verondersteld van circa 20 GW in 2018 naar circa 16 GW in 2035 door sluiting van enkele oude gaseenheden. Het elektriciteitsverbruik neemt in dit scenario marginaal toe van 115 TWh in 2015 naar 119 TWh in 2035. Deze groei is met name het gevolg van de toename van het aantal elektrische personenauto's en warmtepompen zoals in de NEV 2016 verondersteld. Voor de traditionele toepassingen van elektriciteit wordt verwacht dat extra gebruik van apparatuur gecompenseerd wordt door toepassing van efficiëntere apparatuur. Omgerekend naar vermogen wordt voor het meest extreme historische 'klimaatjaar' uit de periode 2000-2015 een stijging van de piekbelasting voorzien van 18,3 GW in 2018 naar 19,0 GW in 2035.

2 Kernpunten scenario Richting Duurzame Transitie

Op basis van de maatschappelijke discussie over de toekomst van de kolencentrales in Nederland is in het scenario Richting Duurzame Transitie (RDT) de aanname gedaan dat de kolencentrales vervroegd gesloten worden. Aangezien deze discussie los staat van het te kiezen transitiepad is hiervoor het steekjaar 2025 aangehouden zodat met inbegrip van de afspraken uit het Energieakkoord specifiek de consequenties van deze sluiting op de transportbehoefte in beeld kunnen worden gebracht. Om de reductie in thermisch

vermogen (4,5 GW) te compenseren is aangenomen dat het geconserveerde nieuwe gasvermogen (circa 2 GW) in 2025 weer in bedrijf zal zijn. De overige parameters van dit scenario zijn gelijk aan het Referentiescenario.

3 Kernpunten scenario Centrale Klimaatactie

In dit scenario (CK) wordt voor wind op zee voor de periode na 2023 het groeicijfer van 1 GW per jaar aangehouden. In dit scenario zal het Nederlandse deel van de Noordzee in 2035 17 GW aan windvermogen staan opgesteld. Door de sterke groei van windvermogen op zee en een veronderstelde stijging van de CO₂-prijzen neemt de concurrentiepositie van

“Scenario's Centrale klimaatactie 17 GW wind op de Noordzee in 2035”



“Voor alle scenario's blijft verbruiksgroei beperkt”

kolenvermogen af, waardoor deze eenheden vanaf 2030 worden stilgelegd. Vanwege hoge CO₂-prijzen floreert gasgestookt productievermogen in Europa. Gebaseerd op het internationale karakter van het Centrale Klimaatactie scenario is verder verondersteld dat in steekjaar 2035 de interconnectiecapaciteit met Duitsland met 1 GW is uitgebreid en dat er extra kabelverbindingen met Groot-Brittannië (1 GW extra, dus in totaal 2 GW) en Denemarken (700 MW extra, dus in totaal 1,4 GW) in bedrijf zijn. Ten aanzien van de elektriciteitsvraag is aangenomen dat onder dit scenario hybride warmtepompsystemen na 2021 in aantal sterk zullen groeien, waarmee er in 2035 2,7 miljoen woningen met een hybride warmtepomp-systeem zullen worden verwarmd. Ten aanzien van nieuwbouw van woningen wordt aangenomen dat er na 2020 jaarlijks 60.000 nieuwe woningen met een elektrische warmtepomp zullen worden uitgerust. Dit scenario gaat er tevens vanuit dat het aantal elektrische personenauto's in Nederland aanzienlijk zal stijgen. Voor 2035 is verondersteld dat een kwart van het totale wagenpark van 8 miljoen auto's elektrisch aangedreven zal zijn. Vanwege de nadruk op verlaging van de CO₂-uitstoot in dit scenario is verder aangenomen dat op termijn de Ecodesign-richtlijn aangescherpt zal worden waardoor het elektriciteits-verbruik van de huishoudens en de dienstensector ook na 2025 blijft dalen met respectievelijk 2,4% en 1,7% per jaar. Per saldo wordt een groei van het elektriciteitsverbruik voorzien van 115 TWh in 2018 naar bijna 123 TWh in 2035. Omgerekend naar belasting leidt het extra verbruik door warmtepompen en elektrische auto's en de verbruiksdaling bij huishoudens en diensten voor het meest extreme historische 'klimaatjaar' tot een stijging van de piekbelasting van 18,3 GW in 2018 naar 20,3 GW in 2035. Op basis van de voorziene belastingontwikkeling en de groei van het opgesteld wind-vermogen is voor dit scenario ook aangenomen dat er grootschalige opslaginstallaties gerealiseerd zullen worden. Als eerste benadering is voor 2035 aangenomen dat er 2,5 GW aan opslag-vermogen in bedrijf zal zijn met een opslagcapaciteit van 25 GWh. Voor het steekjaar 2030 is de helft van dit vermogen voorzien.

4 Kernpunten scenario Decentrale Klimaatactie

Voor dit scenario (DK) is verondersteld dat technologische innovatie leidt tot een verdere daling van de kostprijs voor zonnepanelen en het beschikbaar komen van goedkope batterij-systemen. Voor Nederland is op basis van het rapport van Solar Solutions¹² een groei naar 30 GW in 2035 verondersteld, waarvan 20 GW geïnstalleerd op woningen en bedrijfsgebouwen en 10 GW direct op de grond (zonneweides). Door deze prijsdalingen zullen vele consumenten ook elektriciteitsproducent worden en in lokale duurzame energiecoöperaties gaan samenwerken. Hierdoor neemt het draagvlak voor wind op land toe en zal het maximale potentieel van 8 GW aan wind op land gerealiseerd worden. Voor wind-vermogen op zee wordt voor 2035 de ondergrens van 9 GW aangehouden. Vanwege de gestegen CO₂-prijzen wordt voor dit scenario voorzien dat de twee kolencentrales uit de jaren '90 in 2030 gesloten zullen zijn en de drie nieuwste kolencentrales tot biomassa-centrales zullen zijn omgebouwd. Daarnaast wordt verondersteld dat er tussen 2030 en 2035 ruim 2 GW aan gascentrales met CO₂-afvang (carbon capture and sequestration CCS) in bedrijf komt, in aanvulling op het reeds bestaande gas-vermogen. Vanwege de sterke prijsdaling van batterij-systemen wordt voor dit scenario verwacht dat in 2035 de helft van het personenautopark (vier miljoen van de acht miljoen in totaal) uit elektrische auto's zal bestaan. Door deze prijsdaling gaan huishoudens ook in deze vorm van opslag investeren om zo optimaal gebruik te kunnen maken van de thuis geproduceerde elektriciteit. Voor het steekjaar 2035 wordt aangenomen dat vier miljoen huishoudens over een batterijpakket met een vermogen van 5 kW en een opslagcapaciteit van



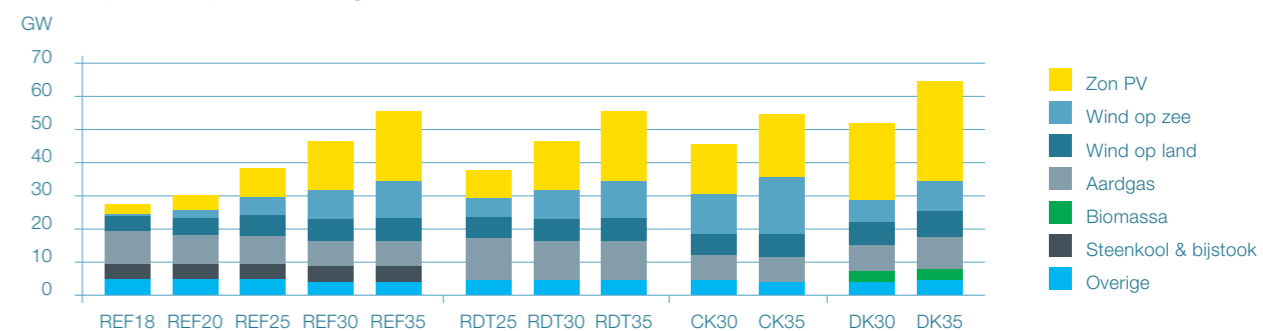
“Stijging van de piekbelasting met 30% in 2035”

25 kWh zal beschikken. Voor de groei van het aantal warmtepompen is voor dit scenario uitgegaan van de maximale groei met jaarlijks 150.000 volledig elektrische warmtepompen, waardoor er in 2035 2,25 miljoen woningen in 2035 met een warmtepomp zullen zijn uitgerust. Vanwege de verregaande elektrificatie van de warmtevraag en transportbehoefte wordt voor dit scenario de grootste stijging van het jaarlijkse verbruik voorzien van 115 TWh in 2018 naar 128 TWh in 2035. Omgerekend naar belasting wordt voor het meest extreme historische 'klimaatjaar' een stijging voorzien van 18,3 GW in 2018 naar 25,6 GW in 2035.

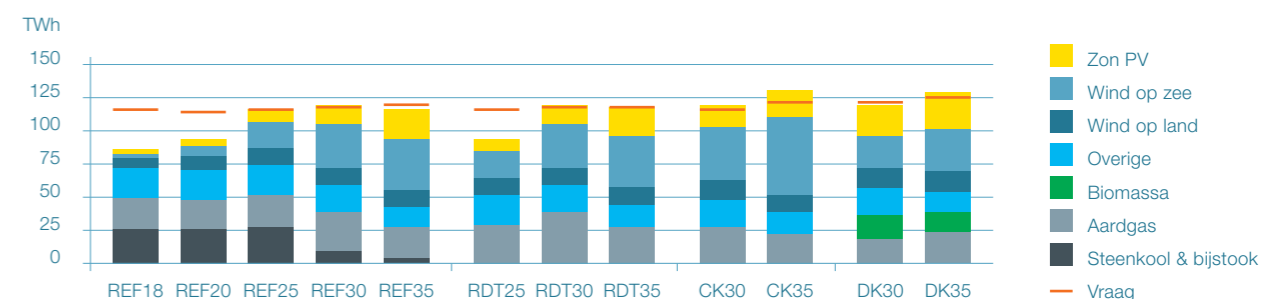
Belangrijkste conclusies scenario's

Voor alle scenario's blijft de verbruiksgroei over de periode 2018-2035 beperkt. Ook voor de scenario's Centrale en Decentrale Klimaatactie, waarin een aanzienlijke elektrificatie van personenvervoer en warmtebehoefte is voorzien, neemt het elektriciteit tussen 2018 en 2035 met maximaal gemiddeld circa 0,6% per jaar toe. De piekvraag stijgt het meest onder het scenario decentrale klimaatactie. Naast de sterke toename van het aantal elektrische personenauto's is vooral de groei van het aantal elektrische warmtepompen hier de oorzaak van. Vanwege de hoge gelijktijdigheid in gebruik bij koude wordt voor het steekjaar 2035 een stijging van de piekbelasting met bijna 30% voorzien, tegenover een stijging van het verbruik met circa 10%. De relatief lage stijging van de piekvraag onder het scenario Centrale Klimaatactie scenario is het gevolg van de aanname over de toepassing van hybride warmtepompsystemen voor de verwarming van woningen in dit scenario. Voor deze systemen geldt dat bij koude de elektrische warmtepomp wordt uitgeschakeld en de hr-ketel op gas de verwarming van de woning overneemt.

Operationeel productievermogen zoals binnen scenario's voorzien

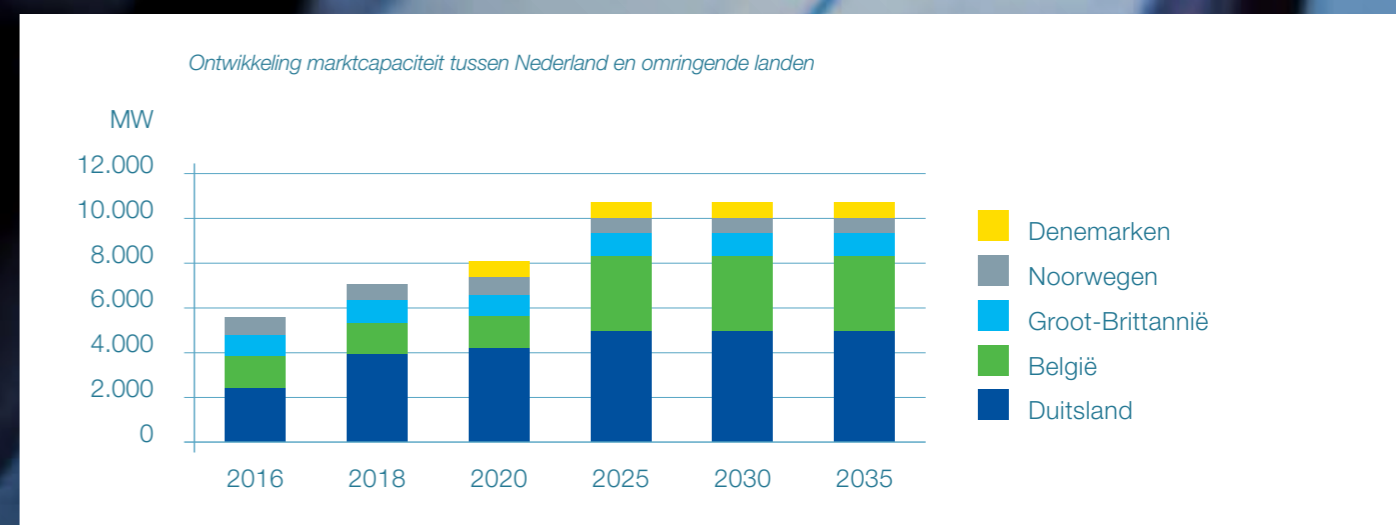


Inzet van productie-eenheden in Nederland



Opvallende marktontwikkelingen

Algemeen kunnen we stellen dat de uitbreidingsinvesteringen in het Nederlandse transportnet het komende decennium gedreven worden door ontwikkelingen in productievermogen, zowel binnen Nederland als in het buitenland, en veel minder door wijzigingen in het belastingpatroon. De totale jaarlijkse elektriciteitsvraag blijft gedurende de zichtperiode van het KCD 2017 naar verwachting redelijk constant. Enerzijds neemt de vraag naar elektriciteit af door een toenemende efficiency van huishoudelijke apparatuur en energiebesparing in de industrie, terwijl anderzijds nieuwe toepassingen zoals warmtepompen en elektrisch vervoer juist tot extra vraag leiden. Het verwachte netto-effect van deze ontwikkelingen zorgt ervoor dat de elektriciteitsvraag naar verwachting licht toeneemt. Als gevolg van bijvoorbeeld elektrisch vervoer wordt er een verschuiving van de vraagpiek verwacht. Door de juiste marktprikkels te ontwikkelen kan de vraagpiek worden afgevlakt.



Ontwikkelingen in vraag en aanbod



Ontwikkeling elektriciteitsvraag en productievermogen

Voor de bepaling van de benodigde transportcapaciteit wordt gekeken naar de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag en het productievermogen. Samen bepalen zij de vermogensstromen over het transportnet. Consumenten zijn in toenemende mate in staat door middel van het in de tijd verschuiven van de vraag te reageren op actuele vraag- en aanbodverhoudingen van elektriciteit (Demand Side Response).

De ontwikkelingen in productievermogen hebben alles te maken met de ook in Nederland ingezette transitie naar duurzame energie. Het Nederlandse productiepark kent nu nog een relatief klein aandeel van duurzame energiebronnen en een groot geïnstalleerd vermogen aan gascentrales.

Aan het begin van de zichtperiode van het KCD 2017 (steekjaar 2018) wordt uitgegaan van brandstof- en CO₂-prijzen die tot gevolg hebben dat elektriciteitsproductie uit kolengestookt vermogen goedkoper is dan productie uit aardgas. Dit heeft tot gevolg dat het Nederlandse productiepark relatief duur is ten opzichte van Duitsland, waar bruin- en steenkoolcentrales veelal de marginale eenheid zijn en waarmee het Nederlandse elektriciteitsnet goed verbonden is. Hierdoor wordt in de uitgangssituatie elektriciteit geïmporteerd uit dit land. Gedurende de zichtperiode verandert deze situatie, omdat de toename van elektriciteitsproductie uit duurzame bronnen en de aanname dat gasgestookt vermogen goedkoper wordt dan elektriciteitsproductie uit steenkool, ertoe leidt dat Nederland minder gaat importeren en tegen het einde van de zichtperiode een min of meer neutrale export-/importbalans verkrijgt. Dit eindbeeld geldt voor alle scenario's

Onder de variant Richting Duurzame Transitie (RDT) wordt het resterende kolenvermogen vanaf steekjaar 2025 uit bedrijf genomen verondersteld. Hierdoor wordt pas in 2030 een neutrale uitwisselingsbalans bereikt, terwijl dat in het Referentiescenario al in 2025 het geval is. De sluiting van de Nederlandse kolencentrales wordt grotendeels opgevangen met buitenlands vermogen, voornamelijk door meer import uit Duitsland en minder export naar België. In het steekjaar 2030 neemt de binnenlandse productie uit zowel duurzame bronnen als aardgas echter toe, waardoor een min of meer neutrale uitwisselingsbalans wordt bereikt. De elektriciteitsproductie uit aardgas neemt toe ten gevolge van het feit dat in steekjaar 2030 uitgegaan wordt van een lagere gasprijs en een hogere CO₂-prijs dan in 2025.

De trend richting een min of meer neutrale netto-uitwisselingsbalans betekent zeer zeker niet dat de interconnectiecapaciteit tussen Nederland en haar buurlanden niet langer wordt gebruikt. Hoewel de jaarlijkse saldi van import en export aan het eind van de zichtperiode een kleinere waarde laat zien dan aan het begin van de zichtperiode, blijven de in elk uur getransporteerde volumes op de verbindingen met het buitenland ongeveer even hoog. Deze internationale verbindingen worden gedurende het jaar vaker in verschillende richtingen gebruikt. Hoewel het een uitdaging is alle uitbreidingen en vervangingen tijdig te realiseren, past het totale pakket aan investeringen uitstekend bij de missie van TenneT om door waarborging van de leveringszekerheid waarde voor stakeholders te creëren en als toonaangevende netbeheerder mee te werken aan de ontwikkeling van een geïntegreerde en duurzame elektriciteitsmarkt in Noordwest-Europa.



Toekomst

energietransitie

We verwachten dat we in Nederland in de komende tien jaar in het kader van de energietransitie en de leveringszekerheid van ons net grote investeringen zullen plegen in de netinfrastructuur op land en op zee. Deze extra capaciteit zal overbelasting op het net – bijvoorbeeld op dagen met veel wind en zon - voorkómen, en maakt het mogelijk om energie te transporteren van opweklocaties naar verbruikscentra. Een overzicht van de ontwikkelingen in ons net internationaal, nationaal en regionaal.

Eind 2016 was er tussen 1,8 en 2 GW aan zonnepanelen in Nederland geïnstalleerd, een verdubbeling van de hoeveelheid ten opzichte van 2014. Voor de toekomst wordt op basis van de NEV 2016 voorzien dat de hoeveelheid fotovoltaïsch vermogen in de periode tot 2035 jaarlijks met gemiddeld 1 GW zal toenemen tot 21 GW in 2035. Gebaseerd op voorziene kostendalingen van zonnepaneelsystemen en commerciële oorbraak van batterijopslag is er kans dat zonnepanelen sterker groeit dan in de NEV 2016 voorzien. Als maximum wordt een toename naar 30 GW aan geïnstalleerd zonnepanelen voor 2035 aangehouden.

Wind op zee moet volgens het Energieakkoord in 2023 een omvang hebben van 4.500 MW. TenneT is verantwoordelijk voor het aansluiten van nieuw windvermogen op zee voor de geplande windparken voor de Zeeuwse en Hollandse kusten van 3.500 MW. Gezien de gemiddelde doorlooptijd bij het realiseren van infrastructurele projecten, heeft TenneT voor de periode na 2023 in dit KCD 2017 – op basis van de Routekaart Wind op Zee - verdere netconcepten verkend. Daarin zien we dat de overgebleven aangewezen windenergiegebieden van Hollandse Kust en Ten Noorden van de Waddeneilanden zijn te ontsluiten met het standaard AC platform van 700 MW zoals deze wordt toegepast bij de huidige uitrol van het net tot en met 2023. In de huidige netsituatie is het echter niet zeer waarschijnlijk dat het additionele vermogen van het

aangewezen windenergiegebied IJmuiden Ver nog relatief dicht bij de kust aangesloten kan worden op het landelijk hoogspanningsnet. Dit vraagt om meer specifieke oplossingen. Eén van die oplossingen kan zijn om de geproduceerde energie verder landinwaarts, voorbij de gesignaleerde capaciteitsknelpunten, aan te sluiten. Ook andere oplossingen zijn mogelijk zoals bijvoorbeeld het stimuleren van grootschalige vraag naar elektriciteit op locaties nabij de kust, of het inzetten van conversie en opslag. Onderzoek naar optimale ontsluiting van windenergie uit verder gelegen gebieden leidt mogelijk tot nieuwe netconcepten zoals het creëren van een verzamelpunt op zee. Op dit verzamelpunt vindt de conversie van wisselstroom naar HVDC plaats. Een eiland lijkt in potentie vanaf een bepaalde schaalgrootte van een windgebied voordelen te bieden.



Internationaal



De Nederlandse elektriciteitsmarkt is gekoppeld aan vier (en vanaf 2019 aan vijf) omliggende landen. De capaciteit die beschikbaar kan worden gemaakt voor de markt wordt vastgesteld aan de hand van netveiligheidsanalyses, die gebaseerd zijn op inschattingen van TSO's over systeem- en netwerk-omstandigheden en is daardoor voor sommige landen lager dan (de som van) de fysieke capaciteit(en) van de grensoverschrijdende verbindingen. Voor de komende tien jaar wordt verwacht dat de totale interconnectiecapaciteit tussen Nederland en omliggende landen bijna zal verdubbelen van 5,55 GW in 2016 naar 10,8 GW in 2025. Belangrijke ontwikkelingen hierbij zijn:

- De aanleg van een kabelverbinding met Denemarken COBRACable van 0,7 GW
- Verdubbeling van de interconnectiecapaciteit met Duitsland naar 5 GW door aanleg van de Doetinchem-Niederrhein verbinding (1,5 GW), plaatsing extra dwarsregeltransformator in Meeden (0,3 GW) en interne verzwarende Nederlandse net (0,7 GW)
- Toename van de interconnectiecapaciteit met België met 2 GW naar 3,4 GW door: oplevering van het transformatorstation Rilland, plaatsing extra dwarsregelaar bij Maaseik (B), interne versterkingen in het Belgische net en de sluiting van de kerncentrale Doel.

Voor de interconnectiecapaciteit met Duitsland is aangenomen dat in 2018 de nieuwe verbinding tussen Doetinchem en Wesel in bedrijf zal zijn. De extra uitbreiding met 300 MW in 2020 is het gevolg van de voorziene ingebruikname van een extra dwarsregeltransformator op station Meeden. Deze tabel geeft per steekjaar en per scenario een overzicht van de in de marktsimulaties gehanteerde interconnectiecapaciteiten.

Overzicht veronderstelde Interconnectie-capaciteiten in MW						
Steekjaar	2018	2020	2025	2030	2035	
Scenario	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle ¹	CK
NL <-> DE	3.950	4.250	5.000	5.000	5.000	6.000
NL <-> BE	1.400	1.400	3.400	3.400	3.400	3.400
BE <-> NL	1.400	2.400	3.400	3.400	3.400	3.400
NL <-> NO	700	700	700	700	700	700
NL <-> GB	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.000
NL <-> DK	0	700	700	700	700	1.400

¹ Alle scenario's met uitzondering van Centrale Klimaactie

Net op land

Het Nederlandse 380 kV-net is de ruggengraat van het Nederlandse hoogspanningsnet en zorgt voor het transport van grootschalig opgewekt vermogen door heel Nederland én van en naar het buitenland. Het bestaat uit een landelijke ringstructuur met verbindingen naar kustlocaties waar grootschalig productievermogen is aangesloten. Daarnaast zijn er verbindingen met Duitsland, België, Noorwegen, Groot-Brittannië en vanaf 2019 met Denemarken. Het 220 kV-net is kleiner van omvang en gelegen in het noorden van Nederland, met een ringstructuur tussen Ens en Eemshaven.

Een aanzienlijk deel van de uitbreidingsinvesteringen is bestemd voor de grote 380 kV-projecten in het zuiden en noordoosten van Nederland, ter ontsluiting van productievermogen in Zeeland en Noord-Nederland en om transport van grootschalige wind te faciliteren. Verder zorgen we voor een verzwaring van onze nationale transportring om overschotten van duurzaam geproduceerde elektriciteit in Noordwest-Europa over een groter geografisch gebied te kunnen spreiden.



Nationaal Net op land

Bepalende oorzaken voor het ontstaan van gesignaleerde knelpunten in het 220/380 kV-net zijn drieledig:

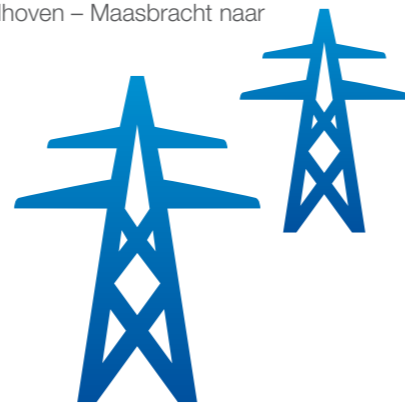
- De locatie van ingezet productievermogen, zowel conventioneel als hernieuwbaar, met name van de productie-eenheden aangesloten op de 380 kV stations op de kustlocaties
- de geïmplementeerde beleidskeuze uit het SEVIII om de voorziene groei van het offshore windvermogen ook op 380 kV-stations aan de kust aan te sluiten
- de toenemende vraag naar interconnectiecapaciteit om de groei van internationale vermogens-transporten te faciliteren.

In lijn met de conclusie uit het KCD 2016 kan gesteld worden dat tot het jaar 2025 de geplande opwaardering van de transport-capaciteit van grote delen van de landelijke 380 kV-ring, aangevuld met de aanleg van een nieuwe 380 kV-verbinding tussen Eemshaven-Oudeschip en Vierverlaten (eerste fase project Noord-West 380 kV), de aanleg van een nieuwe 380 kV-verbinding tussen Borssele en Rilland (project Zuid-West 380 kV-West) en de aanleg van een nieuwe 380 kV-verbinding tussen Rilland en Tilburg (project Zuid-West 380 kV-Oost) nog ruimte biedt om de gesignaleerde knelpunten tot een acceptabel niveau te reduceren. De analyses laten zien dat de hierboven genoemde noodzakelijke opwaardering van de landelijke ring voor de netdelen tussen Diemen – Lelystad – Ens en Geertruidenberg – Krimpen op termijn (na 2025) nog niet alle knelpunten oplost. Om deze toekomstige knelpunten te mitigeren worden meerdere oplossings-richtingen overwogen en bestudeerd:

- Creëren van aanvullende transportcapaciteit tussen de genoemde stations
- het verder landinwaarts aansluiten van de toekomstige groei van het offshore windvermogen
- onderzoek naar het realiseren van transportcorridors op Europees niveau, middels participatie in het project "TYNDP", het 'Ten Year Network Development Plan' van ENTSO-E, waar de Europese netstrategie op lange termijn beschouwd wordt.

In 2015 en 2016 is in het landelijk 380 kV- en 220 kV-net een aantal aanpassingen in bedrijf genomen:

- Uitbreiding van het 380 kV-station Oostzaan met één veld voor het tweede 380 kV-circuit Beverwijk – Oostzaan
- Opwaardering van de 150 kV-verbinding Velsen – Hemweg naar het tweede 380 kV-circuit Beverwijk – Oostzaan
- Realisatie van het eerste deel van het railsysteem in het 380 kV-station Beverwijk
- Realisatie van een tweede transformator op het 380 kV-station Beverwijk
- Uitbreiding van het 220 kV-station Weiwerd met een nieuwe transformator voor het regionale net
- Opwaardering van de kortsluitvastheid van het 220 kV-station Robbenplaat naar 63 kA
- Opwaardering van de transportcapaciteit van de 380 kV-verbinding Eindhoven – Maasbracht naar 1.975 MVA per circuit.

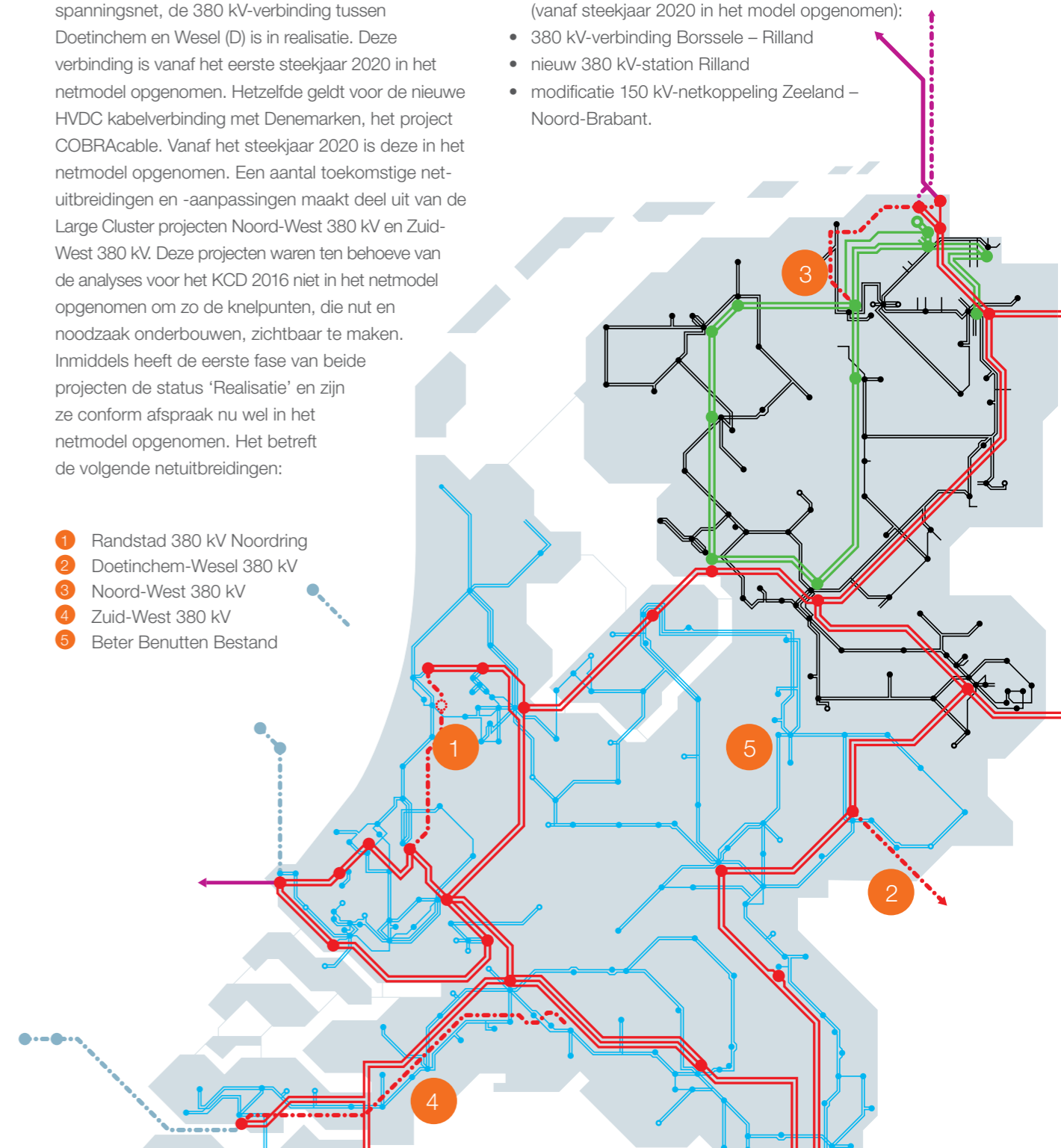


Verzwaren van de 380 kV-ring

Daarnaast zijn er ook een aantal projecten die meegenomen worden in de netberekeningen en die zich nu in de fase 'Realisatie' bevinden. De bouw van de nieuwe 380 kV-verbinding Bleiswijk– Vijfhuizen – Beverwijk, het project Randstad 380 kV Noordring, is momenteel in een gevorderd stadium. Alle netaanpassingen behorende bij dit project zijn vanaf het eerste steekjaar 2020 opgenomen in het netmodel. Ook de vierde interconnector met het Duitse hoogspanningsnet, de 380 kV-verbinding tussen Doetinchem en Wesel (D) is in realisatie. Deze verbinding is vanaf het eerste steekjaar 2020 in het netmodel opgenomen. Hetzelfde geldt voor de nieuwe HVDC kabelverbinding met Denemarken, het project COBRACable. Vanaf het steekjaar 2020 is deze in het netmodel opgenomen. Een aantal toekomstige netuitbreidingen en -aanpassingen maakt deel uit van de Large Cluster projecten Noord-West 380 kV en Zuid-West 380 kV. Deze projecten waren ten behoeve van de analyses voor het KCD 2016 niet in het netmodel opgenomen om zo de knelpunten, die nut en noodzaak onderbouwen, zichtbaar te maken. Inmiddels heeft de eerste fase van beide projecten de status 'Realisatie' en zijn ze conform afspraak nu wel in het netmodel opgenomen. Het betreft de volgende netuitbreidingen:

- 1 Randstad 380 kV Noordring
- 2 Doetinchem-Wesel 380 kV
- 3 Noord-West 380 kV
- 4 Zuid-West 380 kV
- 5 Beter Benutten Bestand

- Onderdelen van het project Noord-West 380 kV (vanaf steekjaar 2025 in het model opgenomen)
- 380 kV-verbinding Vierverlaten – Eemshaven-Oudeschip
- nieuw 380 kV-station Vierverlaten
- koppeling met het 220 kV-net in Vierverlaten
- amoveren van de 220 kV-verbinding Vierverlaten – Eemshaven/Robbenplaat
- Onderdelen van het project Zuid-West 380 kV (vanaf steekjaar 2020 in het model opgenomen):
- 380 kV-verbinding Borssele – Rilland
- nieuw 380 kV-station Rilland
- modificatie 150 kV-netkoppeling Zeeland – Noord-Brabant.

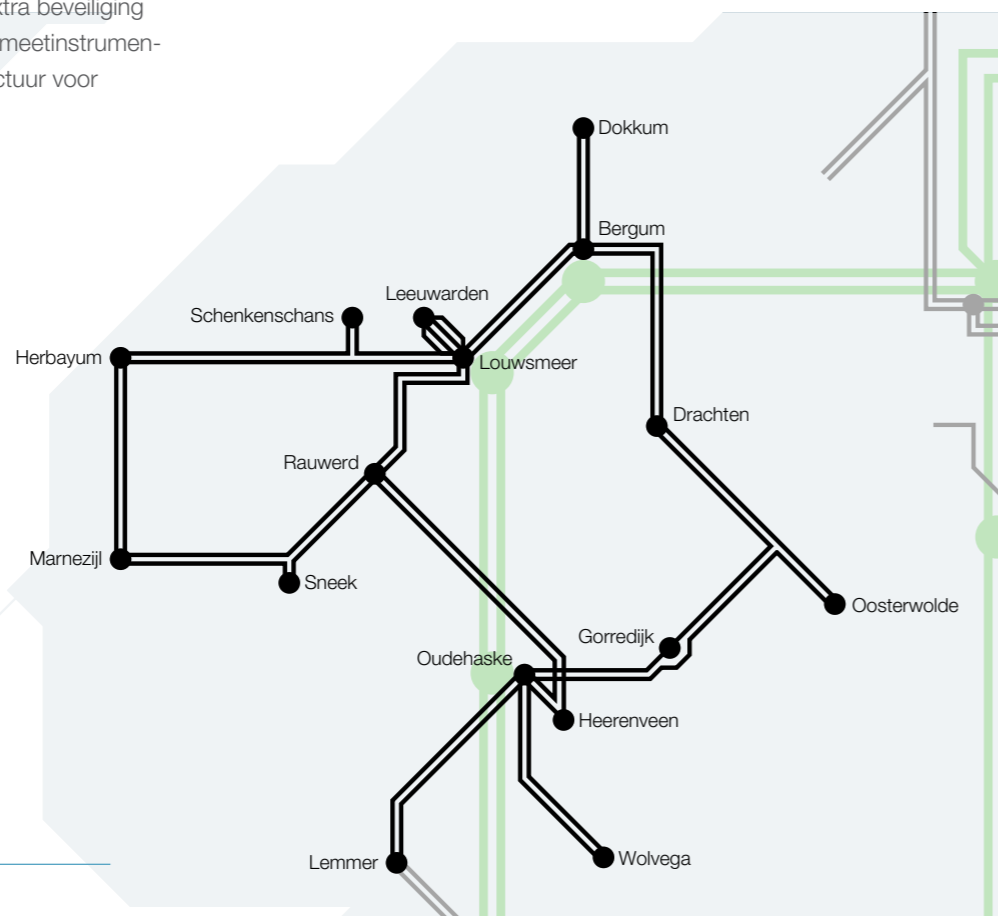


Nationaal Reconstructies, beheer en onderhoud

Het onderhoudsconcept van TenneT is risico-gebaseerd. Bij de uitvoering van preventieve inspecties en geplande activiteiten kunnen afwijkingen worden geconstateerd die vervolgvactiteiten noodzakelijk maken. Uitgangspunt blijft, dat afwijkingen met de hoogste risico's voor de bedrijfswaarden als eerste worden opgelost. TenneT investeert in klantensluitingen en reconstructies op verzoek van derden. Bovendien wordt er geïnvesteerd in uitbreidingen van functionaliteit en het reviseren of vervangen van netcomponenten. Uitbreidingen van functionaliteiten waarborgen de veiligheid en betrouwbaarheid van de netten, maar voegen geen capaciteit toe. Voorbeelden van functionaliteitsuitbreidingen zijn extra beveiliging van infrastructuur, het toevoegen van meetinstrumentarium en het aanleggen van infrastructuur voor telecommunicatie.

Om een goed functionerend elektriciteitsnet te waarborgen, dienen de functies van de afzonderlijke componenten in stand te worden gehouden. Dit kan enerzijds door het plegen van onderhoud en anderzijds door het reviseren of vervangen. Zo heeft TenneT vanwege de ouderdom en het faalgedrag van de beveiliging en besturing van de primaire componenten een vervangingsprogramma opgezet voor renovatie van deze secundaire componenten (RenSec).

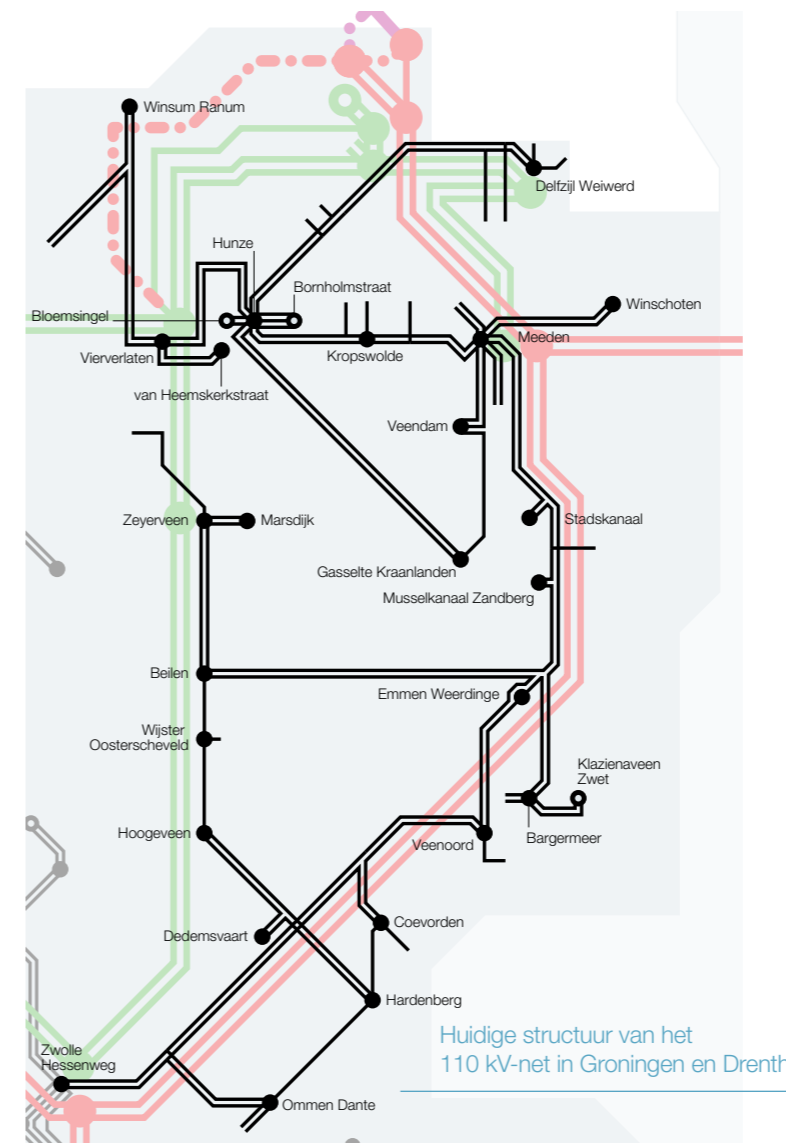
Volgens de kaders van risicobeheersing zijn er extra correctieve en additionele activiteiten uitgevoerd om componenten met een slechte conditie binnen de gestelde kwaliteitseisen te laten functioneren tot aan hun definitieve vervanging.



Huidige structuur van het 110 kV-net in Friesland

Regionaal Net op land

Met het oog op het toenemende aandeel van zon- en windvermogen in Nederland en de ons omringende landen, versterken we de komende jaren op verschillende plekken ons 110 kV- en 150 kV-net om de ontsluiting van grootschalige duurzame energie te faciliteren. Vanwege de geografische spreiding van het geplande duurzame productievermogen is er vooral groei van productievermogen in de regio's Noord-West en Zuid.



Huidige structuur van het 110 kV-net in Groningen en Drenthe

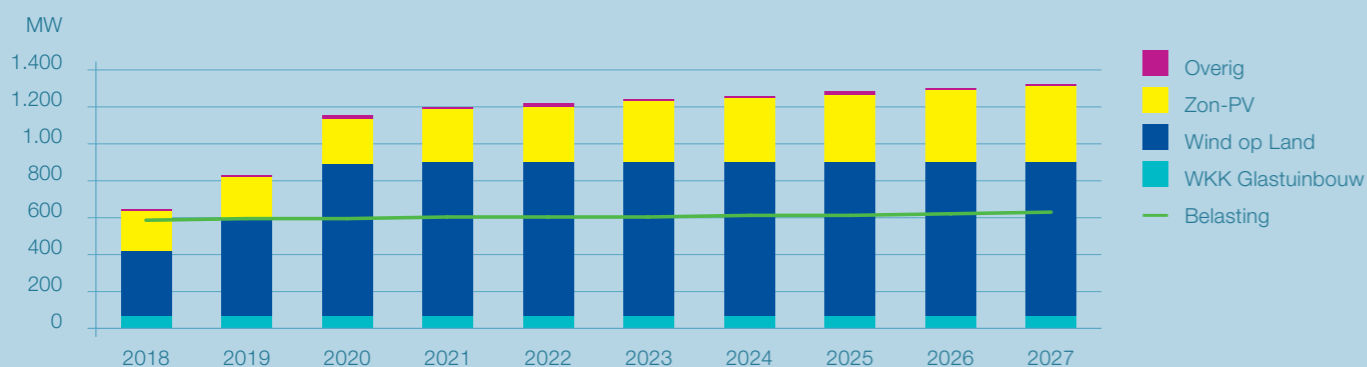
110 kV-net regio Noord

Voor alle deelnetten in deze regio (provincies Friesland, Groningen, Drenthe, Overijssel en de Noordoostpolder (Flevoland)) geldt dat ze worden gekenmerkt door een hoge belasting in vergelijking met het opgesteld productievermogen, dat bovendien voor een groot deel bestaat uit decentrale opwekking. De belasting stijgt licht, terwijl de decentrale opwekking, voornamelijk zon en wind op land, een sterke stijging laat zien.

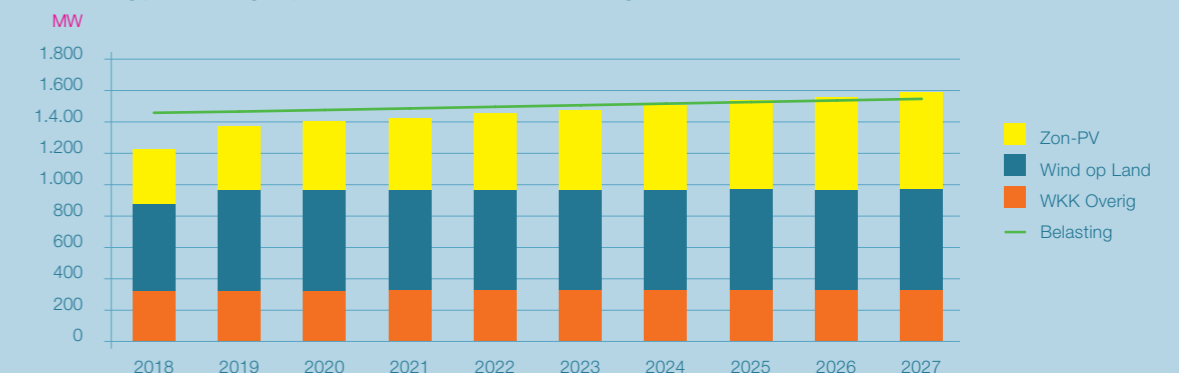
Netuitbreidingen in het 110 kV deelnet van Friesland zijn noodzakelijk door de toename van windturbinevermogen in zuidwest-Friesland en een voorziene groei van zon-PV verspreid door Friesland. Voor het deelnet in Friesland worden daarom, in tegenstelling tot in het KCD 2016, veel meer knelpunten voorzien. Voor het deelnet in Groningen en Drenthe worden drie opwaarderingen van lijnverbindingen voorzien om toename van decentrale opwekking te kunnen transporteren. In het deelnet van Overijssel worden drie nieuwe kabelverbindingen samen met opwaardering van diverse lijnverbindingen voorzien om de knelpunten met een sterke onderlinge samenhang op te lossen. In de Noordoostpolder zijn geen uitbreidingen voorzien.

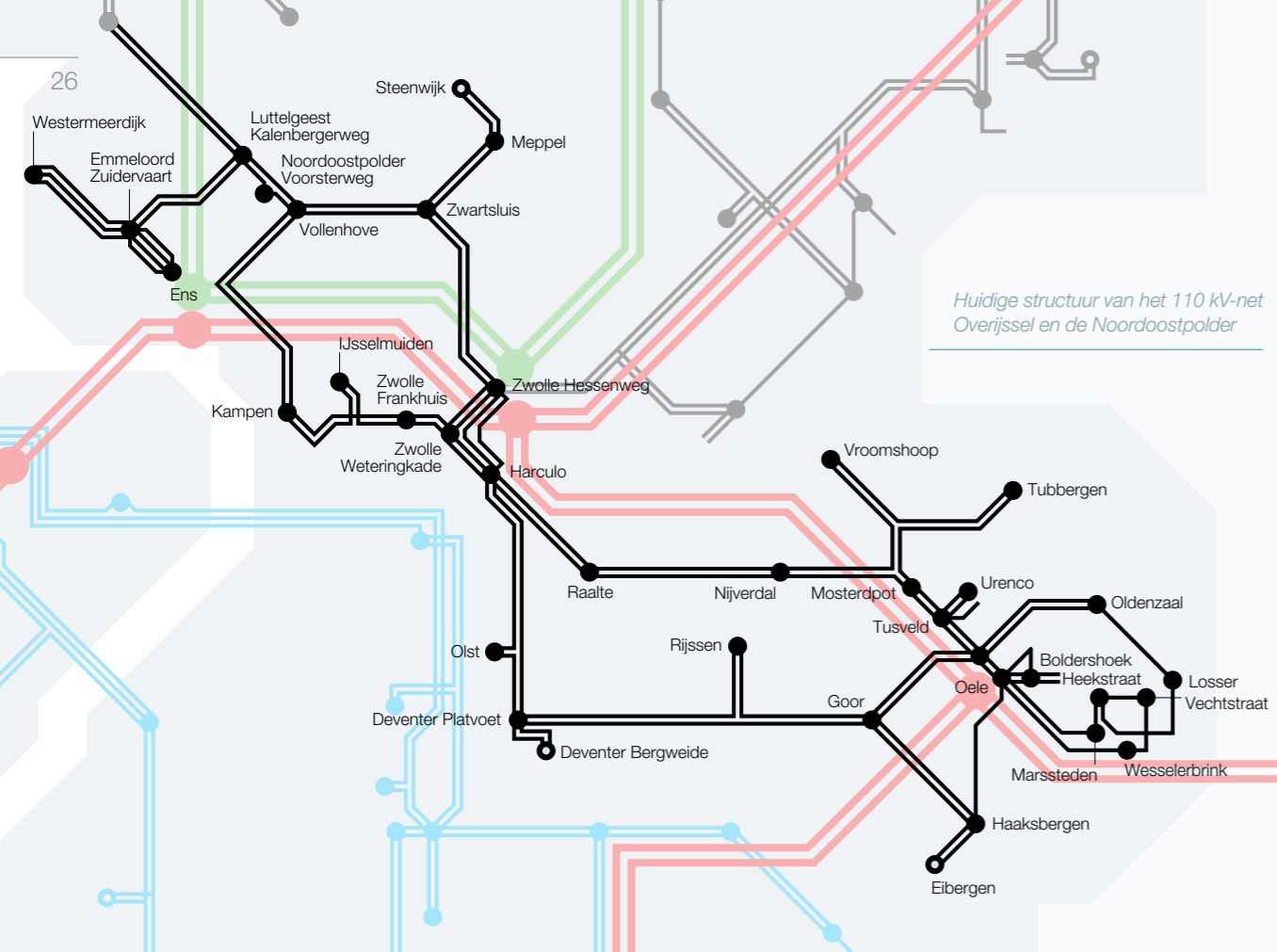
Het risicoprofiel op basis van de capaciteitsknelpunten in Regio Noord is in dit KCD ten opzichte van het KCD 2016 in de periode 2016-2019 gedaald. Dit komt door de eerdere mitigatie van het knelpunt op de verbinding Groningen Hunze – Delfzijl Weiwerd. Vanaf 2020 stijgt het risicoprofiel. Dit heeft voornamelijk te maken met nieuwe knelpunten in Friesland, veroorzaakt door het aansluiten van nieuwe windproductievermogen. Het mitigeren van de geïdentificeerde knelpunten in regio Noord zal naar verwachting EUR 130-190 mln kosten. Dit is hoger in vergelijking met KCD 2016 (EUR 45-70 mln). Deze stijging is een gevolg van nieuwe projecten die noodzakelijk zijn om de forse toename van duurzaam productievermogen, aangesloten op het Friese deelnet, te kunnen faciliteren.

Ontwikkeling piekbelasting en productie in het 110 kV-net in Friesland



Ontwikkeling piekbelasting en productie in het 110 kV-net in Groningen en Drenthe





Het deelnet Friesland is via de 220/110 kV-stations Bergum, Louwsmeer en Oudehaske met het 220 kV-net gekoppeld. Via het 110 kV-station Lemmer is een koppeling mogelijk naar deelnet Overijssel, die alleen wordt ingezet bij onderhoud en het oplossen van storingen. Bij het berekenen van knelpunten zijn in het KCD 2017 geen netverzwaringen, die in de tussenliggende jaren gerealiseerd worden, meegenomen. Dit omdat goedkeuring nog niet heeft plaats gevonden op de investering. Hierdoor zijn dan ook de knelpunten inzichtelijk te maken die worden veroorzaakt door de sterke toename aan opwekking vanuit wind en zon.

In de prognose van Liander en op basis van aanvragen voor aansluiting bij TenneT stijgt het geïnstalleerd windturbinevermogen in Friesland van circa 350 MW in 2018 naar circa 830 MW in 2027. Dit is 430 MW meer dan in KCD 2016 voorzien voor het laatste steekjaar (2025). De voorziene windturbineparken in Friesland zullen, in samenspraak met Liander, voornamelijk op de middenspanningsnetten worden aangesloten. Voor zon-PV wordt een groei voorzien van circa 210 MW in 2018 naar circa 410 MW in 2027. In het KCD 2016 werd nog uitgegaan van circa 50 MW in 2025. Door deze verwachte productie toename, overstijgt deze de belasting van het deelnet. Een teruglevering op het landelijke 220 kV-net zal dan plaatsvinden.

150 kV-net regio Oost

Het 150 kV-net in de regio Oost omvat de 150 kV-infrastructuur in de provincies Flevoland, Gelderland en Utrecht. In deze regio stijgt naar verwachting de belasting en neemt het aandeel zon- en windvermogen in de zichtperiode sterk toe. Door grote fluctuaties van duurzaam productievermogen, nemen ook de transportstromen over het 150 kV-net verder toe. Dit leidt tot capaciteitsknelpunten op zowel verbindingen als stations. De realisatie van een nieuwe 380/150 kV-transformator op 380 kV-station Lelystad en twee 150 kV dwarsregeltransformatoren in 150 kV-station Utrecht Lage Weide lossen de knelpunten in de zichtperiode van dit KCD grotendeels op. Resterende knelpunten kunnen met operationele maatregelen worden opgelost. Vanwege de toenemende transporten vanuit het 380 kV-net door regio Oost is een gefaseerd plan opgesteld waarin de vorming van separate deelgebieden in regio Oost na de zichtperiode van dit KCD centraal staat. Het risicoprofiel op basis van de capaciteitsknelpunten in regio Oost is in dit KCD ten opzichte van het KCD 2016 aanzienlijk gedaald. Het technisch cluster Breukelen is in 2017 opgeleverd, waardoor de ernst van de knelpunten in Flevoland, Gelderland en Utrecht is afgenomen. In 2027 is het risicoprofiel nog verder gedaald als de resterende knelpunten zijn gemitigeerd. Het mitigeren van de geïdentificeerde knelpunten in de regio Oost vergt in

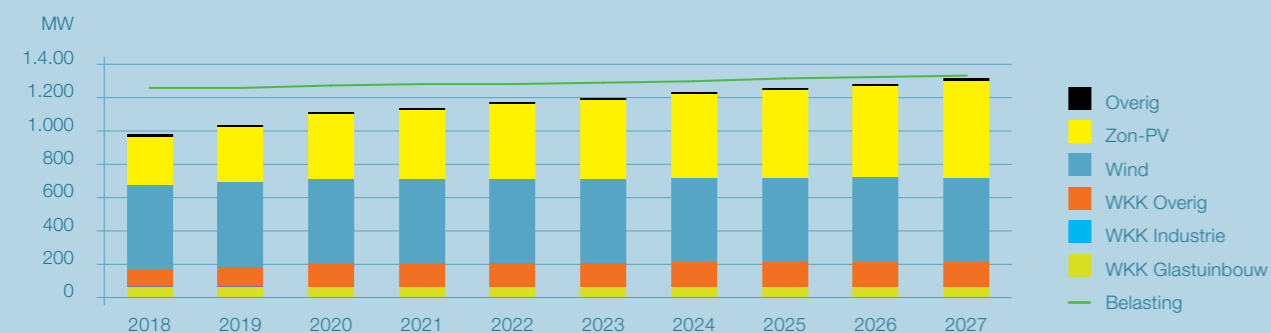
de periode 2018-2022 een investering van EUR 30-40 mln, vrijwel geheel ten behoeve van de splitsing van het FGU-net en de uitbreiding van de verbinding Tiel – Zaltbommel met een derde circuit.

In de regio Oost worden drie netdelen onderscheiden:

- 'Randmeren' omvat een deel van de provincie Gelderland en de provincie Flevoland, exclusief de Noordoostpolder. Voor dit met een Cross Border Lease (CBL) belaste 150 kV-netdeel is een onderbeheersovereenkomst tussen TenneT en Liander afgesloten. Het deel Noordoostpolder is aangesloten op het 110 kV-net en wordt in regio Noord behandeld
- 'Gelderland' omvat de hoogspanningsverbindingen in de provincie Gelderland, exclusief die verbindingen die tot het Randmerengebied behoren
- 'Utrecht' omvat de hoogspanningsverbindingen in de provincie Utrecht.

In de regio Oost is vanaf steekjaar 2018 het in 2017 in bedrijf gekomen 380/150 kV-station Breukelen-Kortrijk en de verzwaren van de 150 kV verbinding Zeewolde – Almere (CBL Randmeren project) is meegenomen. Vanaf steekjaar 2018 is de in realisatie zijnde 380 kV-interconnector Doetinchem – Wesel ook meegenomen in het netmodel. Een derde 150 kV-circuit naar Zalt-

Ontwikkeling piekbelasting en productie in het 110 kV-net in Friesland

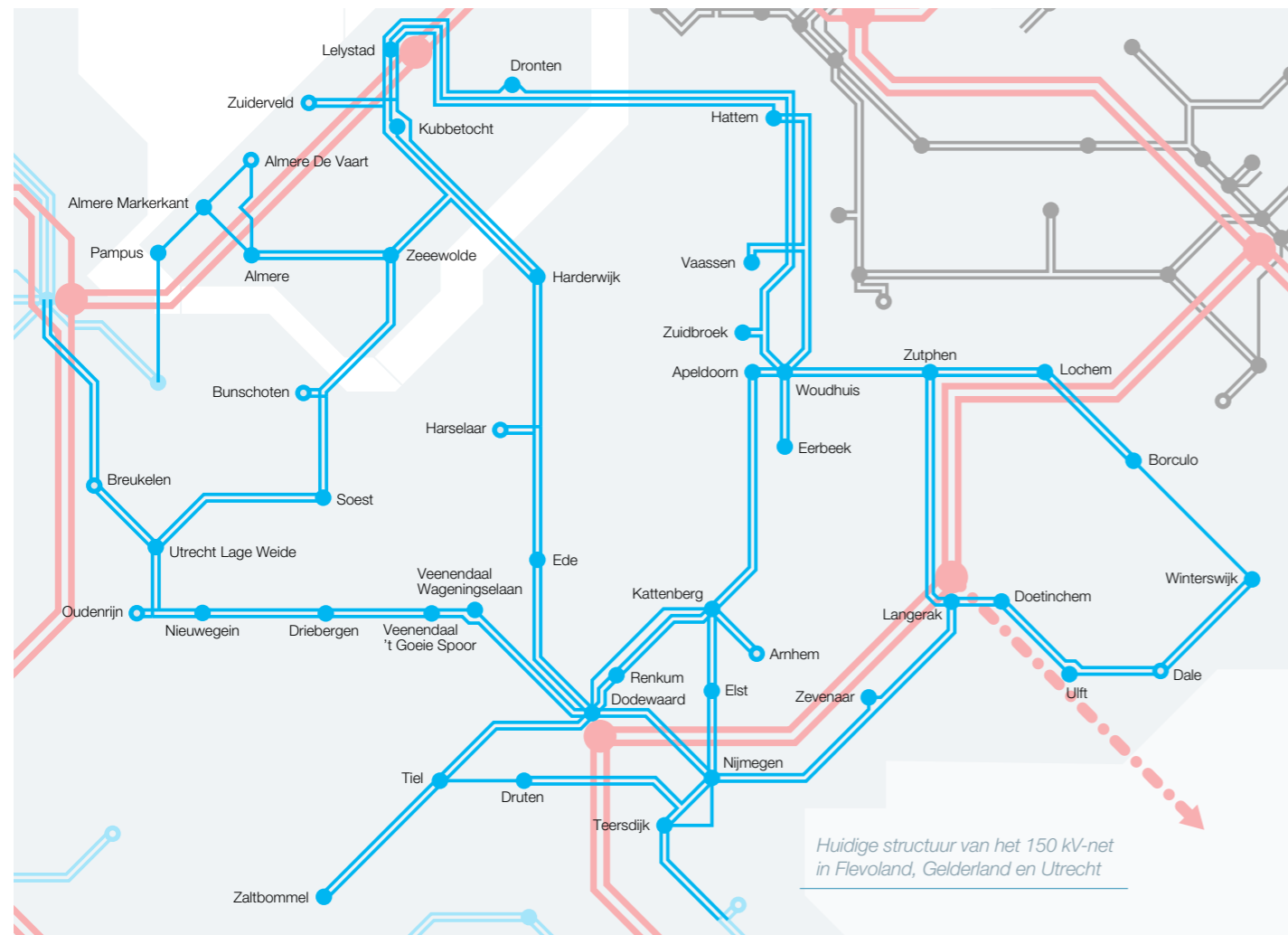


Vervangingsprogramma's

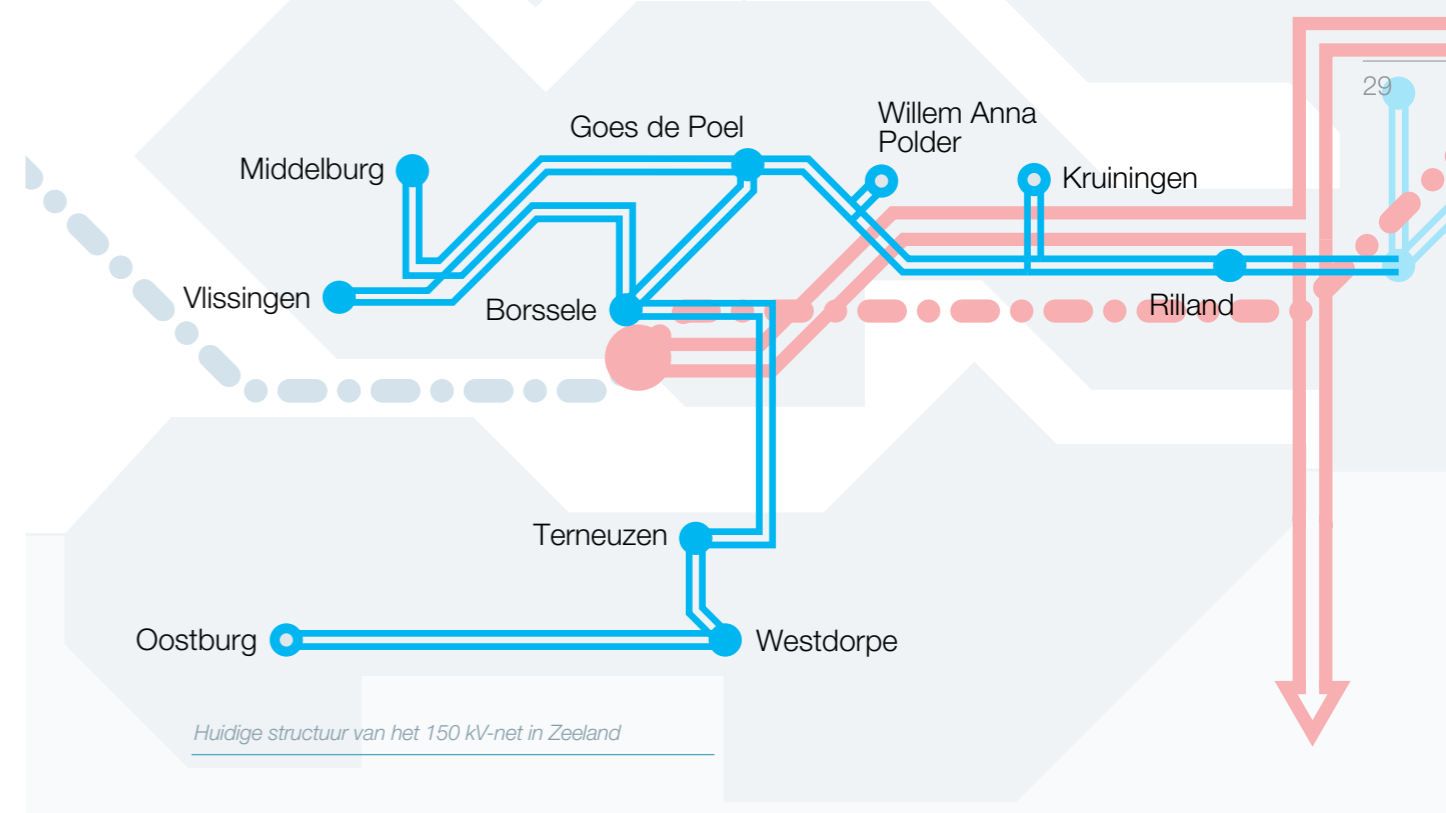
voor beheer en instandhouding van het hoogspanningsnet komen in engineeringfase

bommel is in voorbereiding, maar nog niet in realisatie en daarom ook niet meegenomen in het netmodel. Een toename in de belasting in regio Oost komt hoofdzakelijk door de stijging van de belasting in de onderliggende middenspanningsnetten, zoals opgegeven door de regionale netbeheerders Liander en Stedin. De belastingvraag stijgt met gemiddeld 1% per jaar van 3.251 MW in 2018 naar 3.663 MW in 2027. Dit is in lijn met de prognose voor het KCD 2016. Windvermogen ontwikkelt zich in de regio van 1.046 MW in 2018 naar 1.747 MW in 2027. Het grootste deel van dit vermogen

bevindt zich in het netdeel Randmeren. In dit aandeel zit tevens circa 300 MW aan vermogen van bestaande windturbines dat na de zichtperiode wegvalt. Voor het geïnstalleerd zon-PV vermogen wordt in de periode tot 2027 een groei van 289 MW naar 1.337 MW voorzien. Deze is significant hoger dan de opgave voor het KCD 2016, vanwege het feit dat Liander voor specifiek Flevoland en Gelderland een complete opgave heeft kunnen doen voor het verwachte aandeel zon-PV in de bebouwde omgeving.



Huidige structuur van het 150 kV-net in Flevoland, Gelderland en Utrecht



Huidige structuur van het 150 kV-net in Zeeland

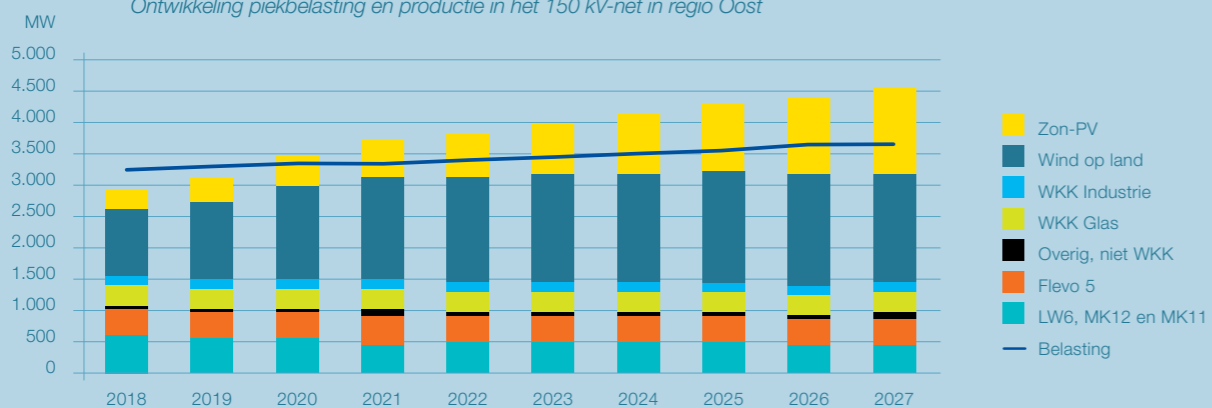
150 kV-net regio Zuid

Het 150 kV-net in de regio Zuid omvat de 150 kV-infrastructuur in de provincies Zeeland, Noord-Brabant en Limburg. In de normale situatie zijn de netten van Zeeland en Noord-Brabant op 150 kV-niveau vooralsnog gekoppeld en wordt het deelnet Limburg gescheiden bedreven.

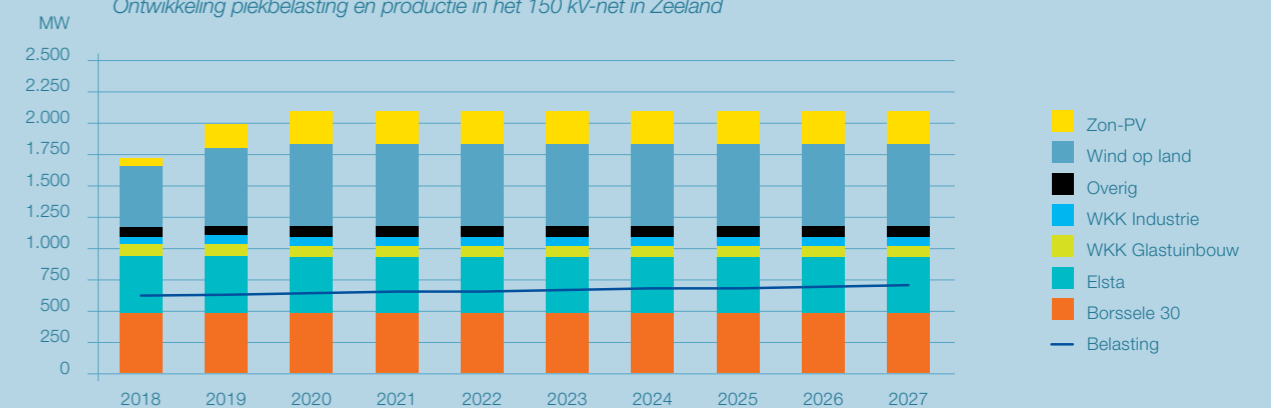
Voor het deelnet Zeeland vormt de realisatie van het project ZW380-Oost een belangrijke maatregel om de knelpunten in het net op te lossen. Daarnaast zullen nieuwe kabels vanuit Goes de Poel en Westdorpe naar de verbindingen onder de Westerschelde worden aangelegd om de drie 150 kV-uitloperstations in Zeeuws-Vlaanderen (Oostburg, Westdorpe en Terneuzen) te laten voldoen aan het 100 MW/6h criterium. Ook voor het deelnet Noord-Brabant is de realisatie van het

project ZW380-Oost een belangrijke maatregel om knelpunten in het net op te lossen. Dit komt doordat deelnet Zeeland na realisatie van het project ZW380-Oost gescheiden van Noord-Brabant bedreven kan worden. Daarnaast wordt de 150 kV verbinding Tilburg Noord – Best opgewaarderd en volledig vervangen door ondergrondse kabel. Voor het deelnet Limburg bestaat de belangrijkste uitbreidingsinvestering uit de bouw van een nieuw 150 kV-station in Boxmeer. Daarnaast wijzigt de netconfiguratie bij de 150 kV-stations Born en Lutterade. Belangrijk aandachtspunt voor het 150 kV-net van regio Zuid is de aardingsmethode voor éénfase kortsluitstromen. De Petersenaarding bereikt door verkabelingen en uitbreidingen in het net zijn technische limiet. Om deze reden is een project gestart om het aardingsstelsel in de totale

Ontwikkeling piekbelasting en productie in het 150 kV-net in regio Oost



Ontwikkeling piekbelasting en productie in het 150 kV-net in Zeeland



150 kV-net regio West

Het 150 kV-net in de regio West omvat de 150 kV-infrastructuur in de provincies Noord-Holland en Zuid-Holland. In beide provincies stijgt de belasting in de komende jaren, wat vooral in combinatie met een lage inzet van conventionele eenheden en weinig windproductie tot capaciteitsknelpunten leidt in zowel verbindingen als hoogspanningsstations.

De realisatie van het project Randstad 380 kV Noordring en de implementatie van de visie zoals geformuleerd in het visiedocument 'Amsterdam 150 kV' (Ontwikkeling en Visie 2030) zullen een belangrijke bijdrage leveren aan het verhelpen van de knelpunten in Noord-Holland. In de 'Visie Amsterdam 150 kV' worden vier deelnetten onderscheiden:

- Kop van Noord-Holland: de verbindingen en 150 kV-stations in het noordelijke deel van de provincie Noord-Holland (Velsen / Oterleek / Anna Paulowna / Westwoud / Wijdewormer / Diemen). Dit deelnet is met het 380 kV-net gekoppeld in de 380 kV-stations Diemen en Beverwijk.
- Amsterdam Centrum: dit deelnet omvat de 150 kV-stations Hemweg, Noord Klapprozenweg, Noord Papaverweg en Hoogte Kadijk. Dit deelnet is via het 380 kV-station Oostzaan gekoppeld met het 380 kV-net.
- Amsterdam Zuidoost: dit deelnet omvat de 150 kV-stations Diemen, Venserweg, Watergraafsmeer, Bijlmer Noord, Bijlmer Zuid en Amstelveen. Dit deelnet is via het 380 kV-station Diemen gekoppeld met het 380 kV-net.
- Vijfhuizen: dit deelnet omvat de 150 kV-stations Vijfhuizen, Waarderpolder, Haarlemmermeer, Nieuwe Meer en Zorgvlied. Dit deelnet wordt via het nieuw te realiseren 380 kV-station Vijfhuizen (medio 2017) gekoppeld met het 380 kV-net.

Deze indeling is daar waar mogelijk als leidraad gebruikt bij de uitwerking in dit investeringsplan. Door het creëren van deze netdelen (load pockets) zullen de vermogenstransporten tussen de afzonder-

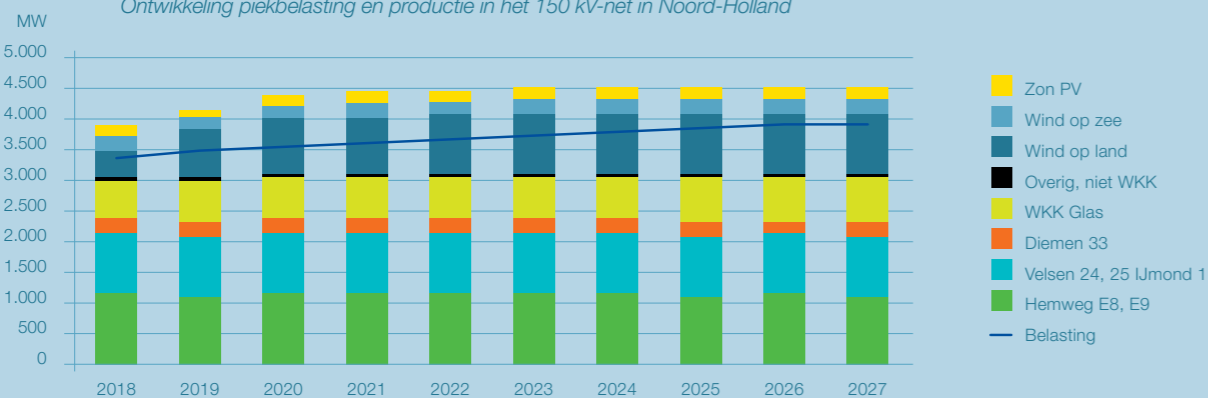
lijke load pockets door de bovenliggende 380 kV-infrastructuur worden getransporteerd. Het implementeren van de visie 'Amsterdam 150 kV' wacht enerzijds op de realisatie van het project Randstad 380 kV Noordring en anderzijds op de realisatie van twee 150 kV-projecten in de regio Amsterdam / Schiphol / Vijfhuizen:

- Vijfhuizen – Nieuwe Meer, uitbreiding met een 150 kV-kabelcircuit (002.533)
- 150 kV-station Rijsenhout (inclusief 150 kV-kabelverbindingen) (002.699).

Het huidige risicoprofiel op basis van de capaciteitsknelpunten in regio West is voor dit KCD ten opzichte van het KCD 2016 zowel in een aantal jaren gestegen

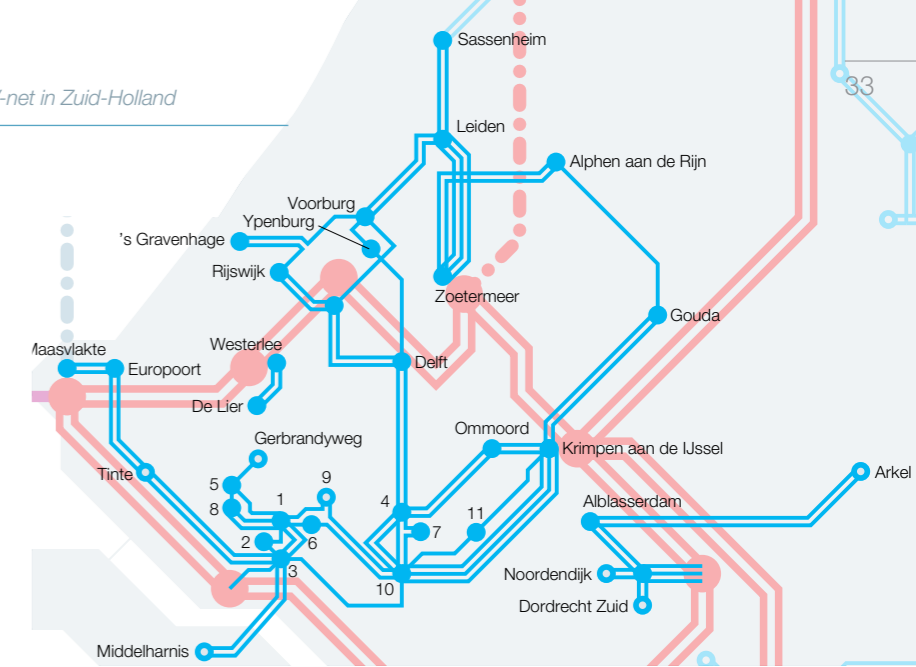


Ontwikkeling piekbelasting en productie in het 150 kV-net in Noord-Holland



Huidige structuur van het 150 kV-net in Zuid-Holland

- 1 Botlek
- 2 Geervliet
- 3 Geervliet Noordoijk
- 4 Marconistraat
- 5 Merseyweg
- 6 Oudeland
- 7 Rotterdam Centrum
- 8 Theemsweg
- 9 Vondelingenweg
- 10 Waalhaven
- 11 Zuidwijk



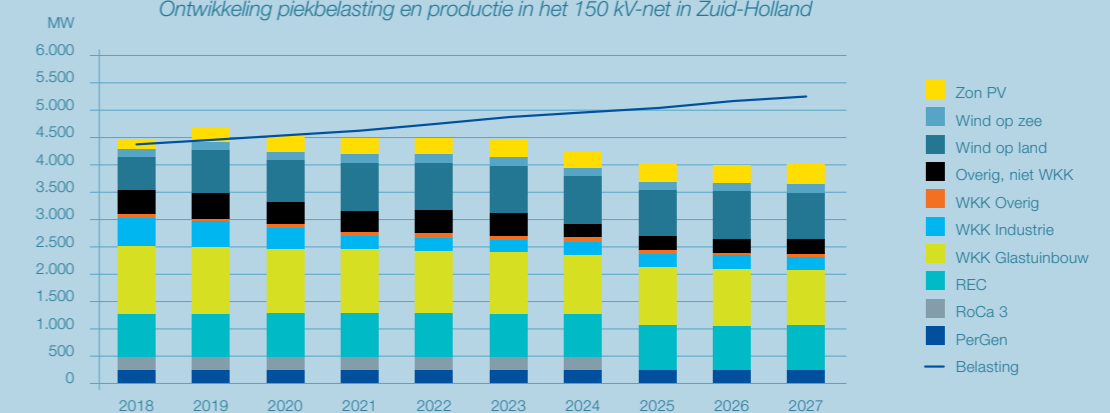
als gedaald. Dit komt door een aantal vervallen knelpunten en vernieuwde netberekeningen waaruit nieuwe knelpunten zijn ontstaan, bijvoorbeeld het (doorgroeide) n-1 knelpunt op Botlek – Geervliet – Geervliet Noordoijk. Aangezien een aantal van de gedefinieerde maatregelen zich nog in een vroeg stadium bevinden, is er significante onzekerheid over het investeringsvolume in de periode 2018-2022. Naar verwachting zal TenneT EUR 110-150 mln moeten investeren in het 150 kV-net in regio West om de geïdentificeerde knelpunten te mitigeren.

In het kader van de Randstad 380 kV Noordring wordt een nieuw 380/150 kV-station Vijfhuizen en een nieuwe 380 kV-verbinding Beverwijk – Vijfhuizen – Bleiswijk (dubbelcircuit) gerealiseerd. Door het creëren van loadpockets zal het 150 kV-net niet langer gebruikt worden voor vermogenstransport tussen afzonderlijke netdelen. In de kop van Noord-Holland wordt een nieuw 150 kV-station Middenmeer gerealiseerd inclusief twee nieuwe 150 kV-verbindingen Anna Paulowna – Middenmeer en Middenmeer – Westwoud. De knelpunt-berekeningen in het net-model houden in elk steekjaar rekening met de netverzwaringen die in de tussenliggende jaren gereed komen. Concreet betekent dat tot en met het steekjaar 2021 de onderstaande projecten als gereed worden verondersteld:

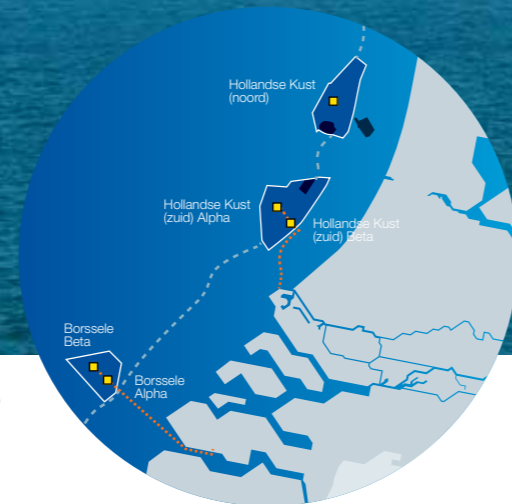
- Randstad 380 kV Noordring
- Inlusing 380 kV-verbinding Oostzaan – Krimpen in het 380 kV-station Diemen
- 150 kV-station Middenmeer (incl. 150 kV verbindingen Anna Paulowna – Middenmeer en Middenmeer – Westwoud)
- Opwaardering 150 kV-kabelcircuits Venserweg – Bijlmer Zuid
- Opwaardering 150 kV-kabelcircuits Noord Klapprozenweg – Hoogte Kadijk.

Voor Zuid-Holland wordt vanaf steekjaar 2018 met een nieuwe 150 kV-verbinding tussen Europoort en Theemsweg gerekend. In serie met deze nieuwe verbinding is een 150 kV-dwarsregeltransformator geplaatst. Daarnaast zijn de verzwaring van de 150 kV-verbinding tussen Botlek en Theemsweg en het nieuwe 150 kV-station Middelharnis meegenomen in het netmodel. Vanaf steekjaar 2021 is de nieuwe 380 kV-verbinding tussen Vijfhuizen en Bleiswijk meegenomen. Het aantal 150 kV-circuits tussen Zoetermeer en Leiden is dan teruggebracht van drie naar twee. In netdeel Dordrecht is één 150 kV-circuit Crayesteijn – Merwedehaven uit station Merwedehaven losgehaald en aangesloten op een nieuw 150 kV-circuit naar Alblasterdam. Hiermee wordt de uitloper Alblasterdam gemitigeerd en de afhankelijkheid van station Merwedehaven ingeperkt.

Ontwikkeling piekbelasting en productie in het 150 kV-net in Zuid-Holland



Net op zee



Net op zee



offshore 700 MW
AC onderstation

66 kV kabels

zeekabel

- 66 kV-kabel
- 220 kV-kabel
- 380 kV-verbinding

duinen

landkabel

hoogspannings-
station

hoogspanningsnet

offshore windpark

TenneT net op zee

landelijk
transportnet

Nationaal Net op zee

In totaal wordt er de komende tien jaar twee miljard uitgetrokken voor de totaal vijf net op zee projecten die elk 700 MW wind aan land brengen (3450 MW totaal). De overkoepelende beleidsfilosofie voor de gestandaardiseerde platformen ziet toe op een zo 'lean' en 'mean' mogelijk ontwerp. Door middel van standaardisatie zal dit ontwerp voor alle netaansluitingen voor het net op zee die tot 2023 worden gerealiseerd toegepast kunnen worden. De gecoördineerde netaansluiting van windparken op zee draagt bij aan een kleinere impact op de leefomgeving. Daarnaast kunnen binnen de grotere windgebieden, zoals Borsselle en Hollandse Kust (zuid), platformen onderling verbonden worden. Om te voorkomen dat delen van het net op zee onverhoopt onbenut blijven, zal TenneT in lijn met het Ontwikkelkader het sluiten van leverancierscontracten per onderdeel van het net op zee afhankelijk stellen van een geslaagde tender. De platformen worden elk met twee 220 kV exportkabels verbonden met het landelijk hoogspanningsnet. Deze dubbele verbinding biedt extra zekerheid (partiële redundantie), waardoor het risico van een gehele of gedeeltelijke onderbreking van het transport afneemt.

Eind 2016 heeft het ministerie van Economische Zaken de Energieagenda uitgebracht. Hierin staat dat wordt gestreefd naar een volgende Routekaart 2023-2030 voor de uitrol van windenergie op zee met een doorkijk naar 2030-2050. De belangrijkste uitgangspunten voor de routekaart tot 2030 zijn doorgaan met de uitrol naar gebieden verder op zee in de al aangewezen gebieden, in een gelijkmatig tempo van circa 1 Gigawatt (GW) per jaar, waarbij het Rijk de regie heeft bij de ruimtelijke besluiten en voorbereidende onderzoeken en TenneT de windparken aansluit. Daarbij wil men het combineren met andere functies op de Noordzee waarmee synergie-effecten zijn te behalen bevorderen, voor zover dit de kosten van windenergie op zee verder reduceert of de maatschappelijke kosten van de energietransitie beperkt. Denk aan natuurontwikkeling, visserij, olie en gas, interconnectie en energieopslag. Ook het voorbereiden op grootschalige multinationale windparken en op internationale verbindingen op zee om deze windparken aan te sluiten, en eventueel keuze voor aan te wijzen nieuwe windenergiegebieden is een belangrijk aspect. Ten tijde van dit schrijven is nog geen vervolg op de Routekaart gepubliceerd. Gezien de gemiddelde doorlooptijd bij het realiseren van infrastructurele projecten, heeft TenneT voor de periode na 2023 netconcepten verkend, uitgaande van de aangewezen windgebieden en de genoemde ambities in de Energieagenda.

Na 2027



In deze samenvatting heeft u kunnen lezen welke netuitbreidingen TenneT voor de komende tien jaar voorziet. Voor de lange termijn bestaat het beeld dat er ook na 2027 nog veel in het transportnet zal moeten worden geïnvesteerd om de verdere transitie naar duurzaam te faciliteren. Zowel zon als wind, op land én op zee. Voor de toekomst wordt op basis van de NEV 2016 voorzien dat de hoeveelheid fotovoltaïsch vermogen in de periode tot 2035 jaarlijks met gemiddeld 1 GW zal toenemen tot 21 GW in 2035. Gebaseerd op voorziene kostendalingen van zonne-paneelsystemen en een commerciële doorbraak van batterijopslag is er kans dat zon-PV sterker groeit dan in de NEV 2016 voorzien. Als maximum wordt een toename naar 30 GW aan geïnstalleerd zon PV-vermogen voor 2035 aangehouden.

Uitgaande van de Nederlandse ambities op het gebied van verduurzaming van de elektriciteitsproductie en de in het Regeerakkoord aangegeven bijdrage van windenergie op zee aan de doelen voor CO₂-reductie in 2030, heeft TenneT een aantal opties onderzocht om deze ambitie te ondersteunen. Zo kunnen windenergiegebieden die zich relatief dicht bij de Nederlandse kust bevinden, volgens TenneT het beste op basis van wisselstroom worden aangesloten. Elektriciteit die in deze gebieden zou worden opgewekt, kan met een standaard

transformatorplatform van TenneT en dan via 220 kilovolt-wisselstroomkabels (AC) in de zeebodem naar een hoogspanningsstation op het vasteland dicht bij de kust worden aangesloten. Dit gestandaardiseerde aansluitsysteem met een capaciteit van 700 MW per stuk wordt door TenneT gebruikt voor de windgebieden uit de routekaart van het Energie-akkoord en zou ook voor de overgebleven aangewezen windenergiegebieden Hollandse Kust en Boven de Wadden, die relatief dicht bij de kust liggen, bruikbaar zijn.

Groot potentieel verder op zee

Het is cruciaal voor een verdere kostenreductie en dus het succes van wind op zee om meer schaalgroottes te ondersteunen. Om grotere hoeveelheden offshore windenergie te kunnen realiseren, zullen waarschijnlijk ook windparken verder op zee nodig zijn. Om offshore windenergie op grote schaal en op grotere afstand kosteneffectief aan te kunnen sluiten, denkt TenneT dat de toepassing van gelijkstroomverbindingen noodzakelijk wordt. Verdere innovatie van deze verbindingen moet het mogelijk maken dat deze gelijkstroomverbindingen een vermogen kunnen transporteren tot 2.000 MW. TenneT heeft hiervoor twee opties onderzocht:

1 Een eerste optie is het gebruik van platforms op zee die de wisselstroom van de windparken omzetten in gelijkstroom voor efficiënt transport naar dieper landinwaarts gelegen aansluitpunten. Met het toepassen van gelijkstroomverbindingen in combinatie met platforms heeft TenneT in Duitsland ruime ervaring opgedaan; zeven van dit soort platforms zijn daar in gebruik, twee in aanbouw.

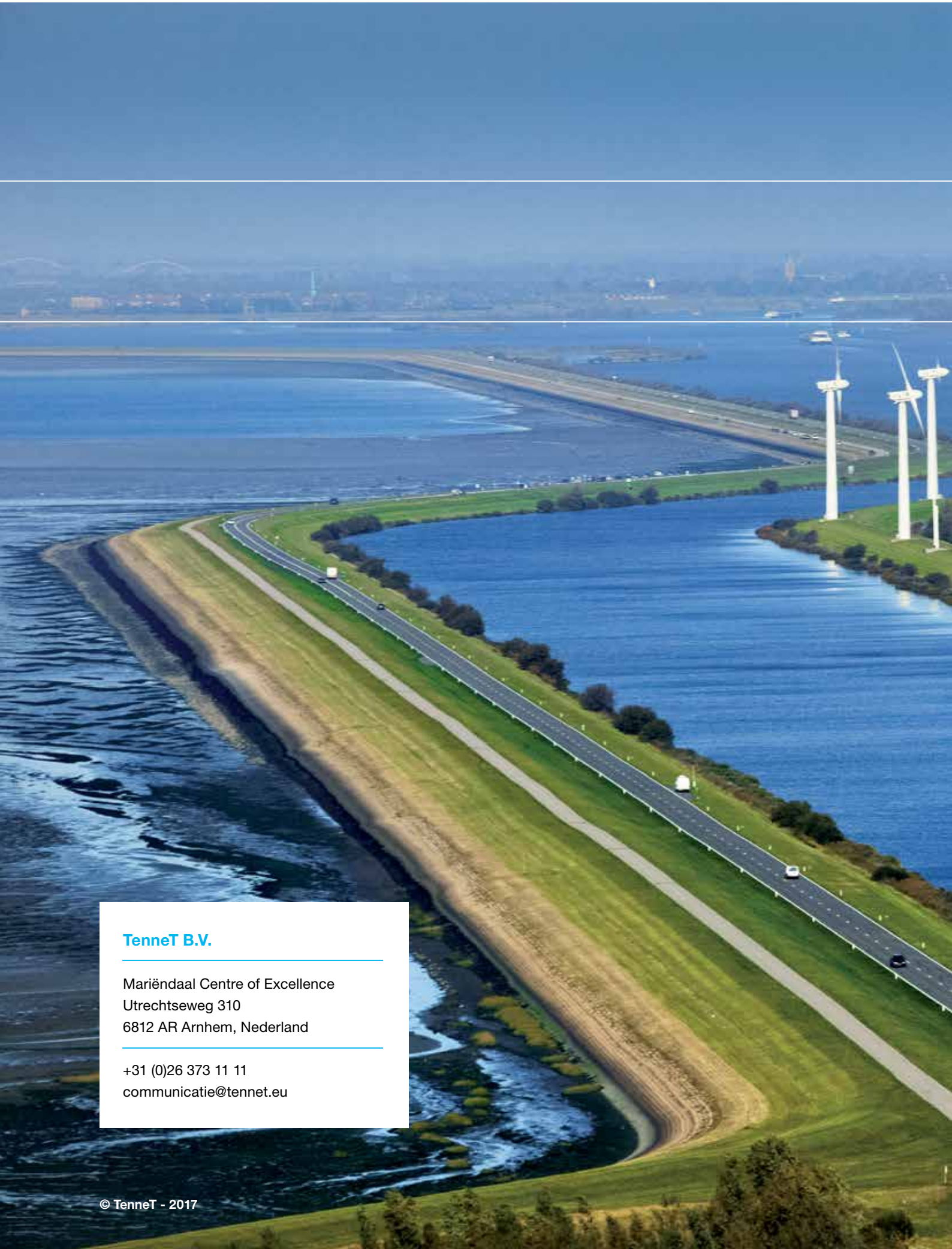
2 Een tweede optie betreft het realiseren van een eiland in plaats van platforms. Hierdoor kunnen de gelijkstroomconverters op vaste grond worden geplaatst en onderhouden.

Bij voldoende schaalgrootte is het gunstiger om één kunstmatig eiland te realiseren in plaats van meerdere platforms. Dat bespaart geld en draagt dus bij aan een verdere kostendaling voor windenergie op zee.

Additionele kansen

Een eiland biedt - naast de eerder genoemde voordelen - ook mogelijkheden voor haven- en onderhoudsfaciliteiten, omzetting van windenergie naar waterstof en het faciliteren van Windconnectoren. Een Windconnector is een verbinding die niet alleen transport van de windstroom naar het eigen aangesloten land mogelijk maakt, maar ook verschillende landen met elkaar verbindt. Dit kan een rechtstreekse verbinding van een windgebied naar een buurland zijn of een verbinding die tussen twee verschillende windgebieden wordt gerealiseerd. Op deze manier wordt naast het afvoeren van windenergie ook internationale elektriciteitsuitwisseling mogelijk. De infrastructuur kan in zo'n geval ook worden gebruikt op momenten dat het minder hard waait en wordt dus efficiënter benut. Een mogelijke efficiënte en geïntegreerde oplossing voor de duurzame energievoorziening van de toekomst.





TenneT B.V.

Mariëndaal Centre of Excellence
Utrechtseweg 310
6812 AR Arnhem, Nederland

+31 (0)26 373 11 11
communicatie@tennet.eu